

# el observador de estrellas dobles

6 enero  
junio  
2011  
AÑO III

Estudio de sistemas  
estelares dobles  
Miguel Gómez y Gregorio Rosa

Observaciones desde  
el OACP: 3ª serie  
Edgardo Rubén Masa Martín

STF2744:  
interferometría Speckle  
Francisco Rica

Nueva componente C  
para LDS1737  
Ignacio Novalbos Cantador

Nuevo sistema binario  
en Acuario  
Margarita Granado

**Espin**  
una vida de  
pasión astronómica  
Juan-Luis González Carballo

(CORTESÍA MRS. CAROL HARRIS)



II International  
Meeting  
of Double Star  
Observers



Nuevas campañas  
de SEDA-WDS:  
Cáncer y Musca

## índice

## ACTUALIDAD

Editorial | 3

Noticias de actualidad del mundo de las estrellas dobles | 4

*por Francisco M. Rica*

Nuevas campañas del Proyecto SEDA-WDS y SEDA-WDS AUSTRAL | 8

*por Rafael Benavides Palencia, Juan-Luis Glez. Carballo y Edgardo R. Masa Martín*

## INVESTIGACIÓN

Estudio de sistemas estelares dobles | 12

*por Miguel Gómez Garrido y Gregorio Rosa Palacios*

## OBSERVACIÓN

Mediciones CCD desde el Observatorio Astronómico Camino de Palomares: 3ª serie | 33

*por Edgardo Rubén Masa Martín*

Medición astrométrica de STF2744 mediante la técnica de interferometría speckle | 59

*por Francisco M. Rica Romero*

Nueva componente C para LDS 1737 | 66

*por Ignacio Novalbos Cantador*

Medidas astrométricas de estrellas dobles desde cielos urbanos | 73

*por Margarita Granado Sánchez-Toscano*

Medidas de estrellas dobles desde el Observatorio Astronómico Vecindario | 79

*por Israel Tejera Falcón*

Nuevo sistema binario en la constelación de Acuario | 85

*por Margarita Granado Sánchez-Toscano*

II International Meeting of Double Star Observers | 96

*por Ignacio Novalbos Cantador*

## HISTORIAS

Espin: una vida de pasión astronómica | 104

*por Juan-Luis González Carballo*

## FUERA DE FOCO

Un viaje en el tiempo por el Sistema Solar | 113

*por Pablo Santos Sanz*

## 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: historia de la astronomía, observación visual o fotográfica, estudios astrométricos o fotométricos, análisis y exposición de técnicas, descubrimientos, presentación de programas informáticos útiles a los doblistas, artículos de opinión, etc.
- 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 vengan corregidos ortográficamente y sintácticamente.
- 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 castellano**.
- OED tendrá una periodicidad semestral. La fecha límite de recepción de trabajos para el próximo número será el 1 de mayo de 2011.

N.º 6 DE EL OBSERVADOR DE ESTRELLAS DOBLES. Y con él, iniciamos el tercer año de esta aventura editorial. Y podemos decir, con plena satisfacción, que nuestra *criatura*, a la que queremos y mimamos como una hija más de nuestra familia, está creciendo de forma saludable. Un buen ejemplo es el número que tienes en tus manos (o ante la pantalla del ordenador, o de tu tablet): por vez primera esta revista supera las 100 páginas... y lo hace con creces. No es para menos. Este número ofrece un repertorio de trabajos de investigación de primera calidad, fruto del excelente trabajo que los doblistas españoles están realizando al abrigo de sus observatorios, al pie de sus telescopios. Hay mucho, pues, de lo que congratularse.

Pero es que, además, se agradece que con cada número que publicamos aumente también el número de colaboradores. Este n.º 6 de OED no podía ser menos y, en él, aparecen nuevas firmas que esperamos que se conviertan en habituales; Margarita Granado, por ejemplo, una concienzuda observadora requeñense residente en Sevilla, nos presenta dos excelentes trabajos que, a buen seguro, serán de vuestro agrado, máxime cuando sus condiciones de observación constituyen un perfecto ejemplo de que, a pesar de residir en una gran urbe, se pueden obtener excelentes resultados para hacer Astronomía. Y de la buena.

Pero es que, además, OED permanece a la vanguardia de la investigación en estrellas dobles al ofrecer en cada número importantes novedades; basten dos ejemplos: en OED6 aparecen publicadas 7 nuevas estrellas dobles no previamente catalogadas (ver los artículos de Ignacio Novalbos, Margarita Granado y Edgar Masa a este respecto); y, en segundo lugar, publicamos un excelente trabajo de investigación desarrollado por un alumno de Bachillerato y su profesor, Miguel Gómez y Gregorio Rosa, que han merecido un premio concedido por el Ministerio de Educación y que representará a España en una convocatoria de la Unión Europea en Helsinki.

Por lo demás, seguimos llenos de proyectos. Hace pocos meses tuvimos el honor de poder presentar en el XIX Congreso Estatal de Astronomía (Madrid, septiembre de 2010) las líneas generales del Proyecto SEDA-WDS, que tuvo una gran acogida entre los asistentes. Por si fuera poco, se trató de un congreso en el que las estrellas dobles tuvieron un destacado protagonismo (además de los abajo firmantes, también impartieron charlas relacionadas con este tema Francisco Rica, Tófol Tobal y Xavier Miret).

Esperamos que disfrutéis de este sexto número de vuestra revista. Queremos aprovechar para deseáros un muy Feliz 2011, que venga repleto de cielos despejados y de estrellas dobles.

## LOS EDITORES

director honorífico

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

editores

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

[rafaelbenpal@gmail.com](mailto:rafaelbenpal@gmail.com)  
[struve1@gmail.com](mailto:struve1@gmail.com)  
[ermasa.dsa@gmail.com](mailto:ermasa.dsa@gmail.com)

sitio web

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

colaboradores

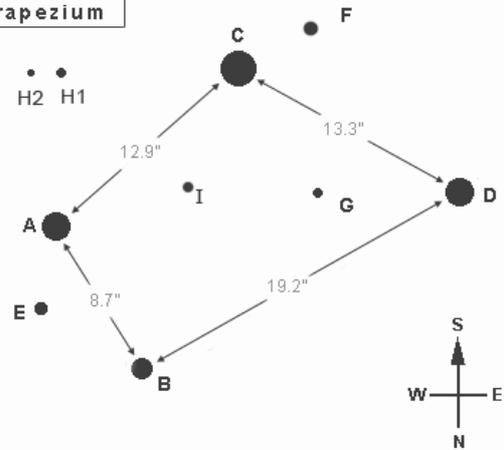
Florent Losse (Francia), Rafael Caballero (España), Francisco Violat Bordonau (España), Juan Jordano (España), Francisco M. Rica (España), Carlos A. Krawczenko (Argentina), Martine Castets (Francia), Bernard Tregon (Francia), Ángel M. López Borrega (España), Jesús R. Sánchez (España), Paco Bellido (España), Ignacio Novalbos (España), Ángel R. López (España-Australia), Ángel Otero (España), Juan M.ª Díaz (España), Tomás Vázquez (España), Miguel Muro (España), Ángel Gómez Roldán (España), Javier Armentia (España), Margarita Granado (España), Pablo Santos Sanz (España), Israel Tejera Falcón (España)

con el apoyo de

## Theta<sub>1</sub> Orionis C: ¿es un sistema triple?

UN GRUPO DE ASTROFÍSICOS alemanes y rusos ha presentado un estudio sobre Theta<sub>1</sub> Orionis C. Entre las estrellas de tipo espectral O, es la más joven y más cercana a nosotros. Esta estrella está considerada como una estrella múltiple. Este equipo de astrofísicos lanzó una nueva hipótesis sobre la presencia de un tercer componente e intentaron obtener las correspondientes soluciones orbitales y las masas de las componentes. Partieron de mediciones de velocidades radiales, las cuales combinaron con otros datos. Compararon sus resultados con el obtenido a partir de observaciones speckle.

Theta Orionis  
The Trapezium



	Magnitudes	
A - 6.7 - 7.5 Variable		F - 10.2
B - 8.0 - 8.5 Eclipsing Binary		G - 14.5
C - 5.1		H1 - 14.5
D - 6.7		H2 - 15.5
E - 10.3		I - 15.0

La componente C del trapezio de Orión podría estar compuesta por tres estrellas en lugar de dos, según apunta un estudio reciente realizado por un equipo de alemanes y rusos (Fuente: [www.astropix.com](http://www.astropix.com)).

### Observaciones astrométricas con CCD de estrellas dobles Visuales desde el Observatorio de Pulkovo

ASTROFÍSICOS RUSOS han presentado 3489 observaciones astrométricas de 361 estrellas dobles visuales. Las observaciones se realizaron entre los años 2003–2007 con el telescopio refractor de 0,66 metros del Observatorio de Pulkovo. Se listan separaciones angulares y ángulos de posición para cada par. Los errores medidos son 0",009 para la distancia angular y 0°,40/p para el ángulo de posición.



Observatorio de Pulkovo, en las cercanías de San Petersburgo.

### PG1258+593 y su compañera enana blanca de movimiento propio común

UN EQUIPO DE ASTROFÍSICOS americanos y alemanes ha confirmado que SDSSJ130033.48+590407.0 es una compañera de movimiento propio común de la enana blanca PG1258+593 (GD322). El sistema estelar está situado a unos 68 pársecs (unos 222 años-luz) y la separación angular de 16,1 segundos de arco corresponde a una separación proyectada de 1091 ua. La compañera descubierta es una enana blanca magnética. Los astrofísicos calcularon que las masas de ambas estrellas son iguales: 0,54 masas solares. Este estudio muestra que las binarias de movimiento propio común formadas por enanas blancas puede acotar la relación *masa inicial* – *masa final* y los mecanismos de formación de enanas blancas magnéticas.

Este estudio muestra que las binarias de movimiento propio común formadas por enanas blancas puede acotar la relación *masa inicial* – *masa final* y los mecanismos de formación de enanas blancas magnéticas.

## Descubrimiento de una compañera estelar de la estrella de tipo solar HD 104304

UN GRUPO INTERNACIONAL de astrónomos ha informado del descubrimiento de una compañera estelar de la estrella tipo solar HD 104304. HD 104304 fue previamente considerada como un objeto que alberga una estrella enana marrón o un objeto planetario. El descubrimiento fue realizado usando la técnica de alta resolución "Lucky Imaging" en el telescopio NTT de 3,5 m y con el instrumento AstraLux Sur. Sus observaciones confirmaron el movimiento propio común de la compañera, calcularon un tipo espectral M4V y una masa de 0,21 masas solares. Estos astrofísicos sugieren que esta compañera estelar es la causante del comportamiento en la velocidad radial, en lugar del supuesto planeta.

### Órbitas de estrellas binarias. III. Volviendo al interesante caso de FIN 332

LOS DISTINGUIDOS ASTRÓNOMOS Brian Mason, William Hartkopf y H. A. McAlister han vuelto a estudiar una de las binarias visuales que más retos planteó para la interferometría óptica en la mitad del último siglo. Hablamos de las componentes cerradas (FIN 332) de la binaria visual separada STF2375. Cada una de las componentes de este par separado es en realidad una binaria cerrada; ambas poseen aproximadamente las mismas magnitudes, ángulos de posición y separaciones angulares. Hoy en día estas binarias cerradas no son complicadas de observar con la técnica speckle. Sin embargo, el hecho de tener características casi idénticas, sumado a la ambigüedad típica de  $180^\circ$  en el ángulo de posición de las observaciones speckle, han sido causas determinantes para la acumulación de imprecisiones e incertidumbres en las mediciones. En el trabajo presentado, se ha realizado un análisis detallado de las observaciones publicadas y han revelado varios errores que han corregido. Gracias a estas correcciones se han determinado nuevos parámetros orbitales, así como la eliminación de la ambigüedad del cuadrante en Theta. La mejora de los parámetros orbitales también fue posible gracias a nuevas observaciones realizadas entre 2001-2009 usando los telescopios de 4 m de NOAO, el telescopio 2,54 m de Monte Wilson y otros.

### Mediciones speckle desde el Observatorio Naval de los Estados Unidos. XV.

CONOCIDOS ASTROFÍSICOS de los Estados Unidos (Brian Mason, William Hartkopf y G. L. Wycoff) presentaron 2433 observaciones speckle de estrellas dobles realizadas con el refractor de 0,66 metros en el año 2008. Cada observación de un sistema estelar representa alrededor de 2000 imágenes de corto tiempo de exposición. Estas observaciones son promediadas en 1013 posiciones relativas medias en el rango de separación entre 0,96 y 58,05 segundos a de arco, con una separación media de 13,50 segundos de arco.

Cúpula que alberga el telescopio refractor de 26 pulgadas (66 cm) del Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO). Este telescopio es usado con frecuencia para el estudio de sistemas estelares visuales. Fuente de la imagen: USNO: <http://www.usno.navy.mil/>



## DESCUBRIMIENTO DE LA PRIMERA BINARIA GIGANTE+ENANA L

UN GRUPO DE ASTRÓNOMOS ha dado a conocer el descubrimiento de 9 enanas ultrafrías compañeras de sistemas binarios muy separados. Una de ellas resultó ser una compañera para una brillante estrella gigante: eta Cancri, de tipo K3. Esta es la primera binaria *gigante + enana L* descubierta. En base a las características astrofísicas de la primaria gigante, han deducido algunas propiedades de la compañera enana L (masa entre 63-82 masas de Júpiter, metalicidad 0,0, etc.). Los autores de la investigación especulan con que la componente B podría ser asimismo una binaria no resuelta.

### Subsistemas estelares en cercanas binarias separadas de tipo solar

EL CONOCIDO ASTROFÍSICO Tokovinin, junto con otros dos colaboradores, presentaron un estudio profundo de subsistemas estelares resueltos entre las binarias separadas de tipo solar a menos de 67 pársecs del Sol. Utilizaron un instrumento de óptica adaptativa para tomar imágenes de 61 estrellas en bandas infrarrojas K y H, utilizando el telescopio de 8 metros Gemini-Sur. Este estudio permite un censo completo de subsistemas con compañeras estelares en separaciones proyectadas que oscilan entre 5 y 100 ua. De las 7 compañeras detectadas solamente una se conocía con anterioridad.

### Multiplicidad de binarias enanas M inusuales: once nuevas triples y cuádruples

LAS ESTRELLAS ENANAS M en sistemas binarios extremadamente separados son raros, y pueden así tener diferentes procesos de formación que las estrellas simples o que las binarias cerradas. En esta investigación un grupo de astrofísicos norteamericanos realizó una búsqueda de compañeras cerradas en una muestra de 36 binarias separadas formadas por enanas M. Las binarias cubrían un rango de tipos espectrales de M1-M5 y de separaciones entre 600-6500 ua. En total descubrieron 10 nuevos sistemas triples y un sistema cuádruple. La fracción de multiplicidad calculada es de en torno al 45 %. Casi todas las compañeras detectadas tienen masas similares a sus primarias, aunque dos compañeras de muy baja masa, incluyendo una candidata a enana marrón, se encontraron a una separación relativamente grande.

### Observaciones speckle con la cámara Pisco en Merate (Italia). IX. Mediciones astrométricas de binarias en 2008

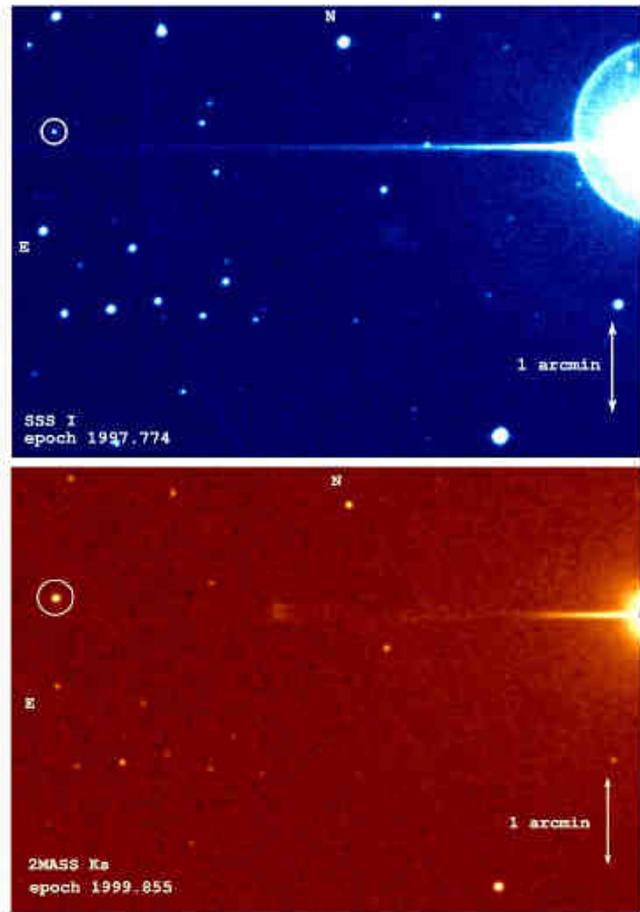
UN GRUPO DE ASTRÓNOMOS EUROPEOS (Francia, Italia y Reino Unido) ha presentado nuevas mediciones astrométricas de binarias realizadas en 2008 usando la cámara speckle PISCO sobre el telescopio reflector Zeiss de 1 metro de diámetro. El telescopio está situado en el Observatorio Astronómico de Brera en Merate (Italia) y desde otoño de 2003 se utiliza de manera continuada en un programa de observación de estrellas dobles cerradas mediante interferometría speckle. Los objetos observados son pares orbitales y binarias con movimiento incierto. En total obtuvieron 240 mediciones de 237 objetos con separaciones angulares entre 0,15 y 4,6 segundos de arco. La precisión media de sus mediciones fue de 0,014". Una nueva componente fue encontrada para la binaria ADS 11074. También presentaron nuevas órbitas revisadas para varias binarias.



Cúpula del Observatorio de Brera para el reflector Zeiss de un metro de diámetro. Fuente: Wikipedia..

**MASAS DINÁMICAS PARA LA BINARIA ENANA MARRÓN MÁS CERCANA: Epsilon INDI BA, B**

LAS BINARIAS CON ENANAS MARRONES son importantes porque es posible determinar las masas dinámicas independientes de cualquier modelo. Si además en la binaria hay una estrella de la secuencia principal, la edad y la metalicidad del sistema pueden ser determinados. Un buen candidato para este estudio es Epsilon Indi Ba,b, dos enanas de tipo T1 y T6 orbitando una estrella K4,5V - Epsilon Indi A- a una separación proyectada de 1460 ua. A una distancia de sólo 3,6224 pársecs, estas son las enanas marrones más cercanas a la Tierra por lo que ambas componentes son brillantes y el sistema es bien resuelto. Este sistema ha sido observado con el telescopio VLT entre junio del 2004 y agosto de 2005 con el objetivo de determinar la masa del sistema y de cada estrella de forma independiente del modelo. De manera preliminar se ha obtenido una masa para el sistema de  $121 \pm 1 M_{Jup}$ . También se obtuvieron espectros en el óptico e infrarrojo permitiendo determinar otros parámetros astrofísicos.



Epsilon Indi B  
(SuperCOSMOS + Two Micron All Sky Survey)

ESO PR Photo 03a/05 (15 January 2003)

©European Southern Observatory

**Descubrimiento de una binaria formada por una enana blanca y una enana T**

UN GRUPO DE ASTRÓNOMOS de Chile, Estados Unidos y Canadá ha descubierto el primer sistema binario formado por una enana blanca y una enana marrón de tipo T (al cual han llamado LSPM1459+0857AB). La naturaleza binaria ha sido confirmada por el movimiento propio común y espectroscopía. La enana T fue descubierta recientemente a partir del Estudio del Cielo Profundo infrarrojo UKIRT y está situada a una distancia de 43-69 pársecs. La separación de las componentes (16500-26500 ua o 365 segundos de arco) es consistente con una versión evolucionada de los sistemas binarios más comunes formados por una estrella de la secuencia principal y una enana marrón. Aunque el sistema tiene una gran separación parece ser que estadísticamente existen evidencias importantes que apuntan a que se trata de una binaria real.

**El catálogo CPMDS de estrellas dobles de movimientos propios comunes en la zona de Burdeos de la Carta del Cielo**

EL CONOCIMIENTO ACTUAL de las estrellas dobles de movimiento propio común es bastante pobre y casi totalmente restringido al catálogo LDS de 6210 pares, al catálogo de Halbwachs (con 439 pares) y a los pares de movimiento propio común del amateur británico John Greaves (975 pares). Astrofísicos griegos y franceses, entre los que se encuentra Dimitris Sina-chopoulos han presentado una búsqueda de nuevas estrellas dobles con movimiento propio común en catálogo PM2000 (zona de Burdeos  $+11^\circ \leq \delta \leq +18^\circ$ ). Para seleccionar posibles pares de movimiento propio común se empleó el test *distribución t de Student*. Se realizó una clasificación por el análisis de las propiedades fotométricas de las componentes.

El resultado de este trabajo fue un catálogo que contiene 2572 nuevos pares de movimiento propio común con separaciones angulares  $\rho \leq 2$  minutos de arco y magnitudes meridianas PM2000 para ambas componentes. Este catálogo supone un incremento del 30% en el número de pares de movimiento propio común. También presentaron una nueva medición de 926 pares ya incluidos en el catálogo Washington Double Star Catalog (WDS).

## Nueva campaña internacional del Proyecto SEDA-WDS

Rafael Benavides Palencia / Juan-Luis González Carballo / Edgardo Rubén Masa Martín

Uno de los objetivos que proponíamos en el planteamiento inicial del Proyecto de Seguimiento de Estrellas Dobles Abandonadas del Washington Double Star Catalog (SEDA-WDS) era el de presentar campañas que sirvieran para actualizar el referido catálogo, administrado y mantenido por el Observatorio Naval de Estados Unidos (USNO). Con la publicación de este número de El Observador culmina la campaña dedicada a la constelación de Lacerta; es, pues, momento de presentar una nueva.

ESTE OBJETIVO se encamina a la consecución de uno de nuestros propósitos fundamentales: **reducir el número de estrellas dobles consideradas abandonadas**. Llegados a este punto quizá sea conveniente recordar, los **objetivos** del Proyecto SEDA-WDS:

1. Aportar datos actualizados al WDS.
2. Participar en un proyecto de colaboración Pro-Am de primer nivel.
3. Desarrollar un proyecto colaborativo entre la comunidad amateur internacional.
4. 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.
5. Fomentar el uso de las técnicas digitales que provienen del uso de las CCD para la realización de astrometría de estrellas dobles, un campo particularmente olvidado entre los amateurs.
6. Publicar los resultados obtenidos en la revista "El Observador de Estrellas Dobles" para que sean incluidos en el WDS.

Para el desarrollo de este proyecto se procede a la selección de sistemas dobles y múltiples que cumplen con **una serie de requisitos** que permitan a la mayoría de aficionados dotados de cámaras de captación de imágenes digitales obtener resultados de calidad suficiente como para ser incluidos en el WDS.

- Estrellas de magnitud inferior a la 16<sup>a</sup>.
- Pares más abiertos que 1".
- Estrellas dobles no medidas con posterioridad a 1970.

Como puede observarse en los criterios anteriormente expuestos, para la presente campaña se ha considerado adecuado **modificar ligeramente uno de ellos**, en aras de explotar el potencial del instrumental de algunos de los colaboradores que, en los últimos seis meses, se han sumado a esta iniciativa. Por ello, a partir de la presente campaña del Proyecto, se ha procedido a **reducir la separación** (valor rho) de los pares objeto de estudio, pasando de los  $\geq 3''$  originales a  $\geq 1''$ . Esta ligera modificación de criterios hace aumen-



tar aún más el interés científico de SEDA-WDS al aumentar notablemente el campo de las estrellas dobles, precisamente las más interesantes y abandonadas.

En la presentación de la 1<sup>a</sup> campaña se hacían las oportunas **recomendaciones metodológicas** (uso de software adecuado, presentación y envío de las medidas, etc.),

por lo que recomendamos al observador interesado que visite la página web del Proyecto para tener una mayor información al respecto, si bien, recordamos que existen dos programas específicos para la realización de la astrometría que permiten obtener los valores theta y rho de cada sistema: para la absoluta recomendamos el uso de **Astrometrica**, mientras que para la relativa el archiconocido **Reduc**, de nuestro colaborador y amigo Florent Losse.

### Importantes novedades

Aunque SEDA-WDS es un proyecto todavía joven, en los seis meses de andadura **han sido muchas las noticias que han surgido** en torno a él. Comentaremos brevemente las más destacadas.

Una importante novedad es que, dado el interés manifestado por un grupo de observadores argentinos, se ha decidido extender el alcance de las campañas para no centrarlas exclusivamente a los cielos boreales. De esta forma, tras los oportunos contactos, surgió a finales del pasado verano el proyecto hermano que hemos denominado **SEDA-WDS AUSTRAL**. Una vez que dichos observadores han logrado tener el equipamiento y la base teórica indispensables para este tipo de trabajos, en lo sucesivo lanzaremos dos campañas simultáneas, un hecho que nos produce una enorme satisfacción ya que estamos seguros de que los excelentes resultados que obtendrán nuestros compañeros sureños harán más productiva esta iniciativa y posibilitará la consecución de los objetivos previstos de forma más eficaz.

Para lograr estrechas lazos y, al mismo tiempo, conseguir uniformizar criterios de trabajo, se han desarrolla-

do **dos talleres virtuales online** entre aficionados argentinos y europeos a iniciativa de Roberto Vasconi y Alejandro Garro, en el caso del primero, y de Carlos Krawczenko en el segundo, siempre con el apoyo de la Red de Aficionados a la Astronomía de Córdoba (Argentina). En ellos, empleando Skype y NetViewer, se pudo mantener un animado debate, así como la presentación de ponencias técnicas y divulgativas. El segundo de estos talleres internacionales se desarrolló el 19 de diciembre pasado con la participación de 31 asistentes de Argentina, España, Colombia, Uruguay y Francia y en él presentaron sus comunicaciones observadores de la talla de Florent Losse que, entre otras cosas, aprovechó para presentar sus excelentes resultados realizando interferometría speckle, así como la nueva versión de Reduc, escrita para tal fin.

Por último, a mediados de 2010 nos llegó la noticia de que **el USNO apoya este proyecto de observación**. La noticia nos llegó a través del Dr. Brian D. Mason, gestor del catálogo, quien ofreció apoyo y soporte en cualquier aspecto relacionado con la iniciativa. Este hecho supone un gran estímulo para los promotores de SEDA-WDS y, por supuesto, para todos los colaboradores que participen en el proyecto, pues permite una relación directa con los astrónomos profesionales. En definitiva, una colaboración Pro-Am en su más pura esencia.

## Primeros resultados

En el momento de escribir estas líneas nos encontramos en pleno proceso de recepción de las medidas correspondientes a la 1ª campaña del Proyecto, centrada en la constelación de Lacerta (2º semestre de 2010). Aunque todavía es pronto para presentar resultados definitivos, podemos adelantar que un nutrido grupo de observadores se han puesto en contacto con los coordinadores para manifestar su interés, realizar consultas y, en el caso de la mayoría, enviar sus propias medidas. Aunque a fecha de hoy todavía no se ha cerrado el plazo de presentación de medidas, podemos anticipar que **un grupo de unos 10/15 observadores han trabajado con los sistemas propuestos de Lacerta** y que, por tanto, las medidas obtenidas pueden superar el interesante número de **varios centenares**. En el nº 7 de la revista El Observador de Estrellas Dobles (julio de 2011), se presentarán detalladamente los resultados y serán convenientemente enviados al USNO para su inclusión en el WDS.

También podemos anticipar que muchas de las estrellas observadas en la constelación de Lacerta presentan las típicas sorpresas de estas dobles largamente abandonadas en el WDS; varios han sido los casos en los que han aparecido estrellas no resueltas anteriormente, lo que parece indicar **el descubrimiento de nuevas componentes de estos sistemas**, si bien ahora

es necesario el estudio astrofísico de dichas estrellas para la adecuada confirmación de estos descubrimientos (la mayoría de los casos han sido reportados por el astrónomo francés Florent Losse).

## La presente campaña

Para el semestre de enero/junio de 2011 hemos procedido a seleccionar 52 estrellas que cumplen los requisitos anteriormente expuestos en la **constelación de Cancer**, para el hemisferio norte, y 28 en **Musca**, en el sur.

Como las campañas tienen una duración de 6 meses, los resultados deberán enviarse en el formato adecuado **antes del 30 de junio de 2011**. Recordamos que las medidas enviadas por cada observador aparecerán publicadas en el WDS conservando su autoría individual.

Remitimos a los astrónomos interesados a la web oficial del Proyecto para poder conocer de forma detallada los sistemas seleccionados y poder **descargarse los listados completos** (tanto boreales como australes) ordenados por separación o por ascensión recta.

El proyecto en cuestión se asienta sobre **dos pilares básicos**: calidad de las medidas y cooperación entre los observadores, pues sólo así será posible colaborar en la reducción de las lagunas observacionales de los catálogos profesionales.

Volvemos a recordar que materializar los objetivos y propósitos expuestos sólo exige un requisito previo: disponer de cámara CCD (o webcam), no siendo necesario inscribirse ni darse de alta, como tampoco es preciso determinar un mínimo (o un máximo) en los pares observados.

No es necesario modificar excesivamente la rutina de trabajo de un observador que, por ejemplo, suele dedicar su tiempo de observación a realizar astrometría y/o fotometría de asteroides, cometas, estrellas variables o supernovas; simplemente se trata de dedicar parte del tiempo al apasionante mundo de la astrometría de estrellas dobles, **uno de los campos de trabajo más puramente astronómicos** que, en el caso de los amateur, presenta una idoneidad de difícil parangón.



Id. WDS	Desc.	Rho	Theta	Mg. A	Mg. B	Última medida	Nº	AR	DEC	pmA AR	pmA DEC	pmB AR	pmB DEC	Coord. precisa
09073+2211	COU 165	1,10	162,00	11,28	13,80	1967	1	09H07'20"	+22°11'27"	-29	-19			sí
08552+1613	A 2555	1,40	223,00	10,20	13,20	1969	3	08H55'10"	+16°13'23"	-23	4			sí
08400+2312	POU2998	1,80	74,00	14,00	14,50	1898	1	08H39'58"	+23°11'36"					sí
08034+1340	HU 848	1,80	154,00	7,60	12,80	1921	3	08H03'24"	+13°40'09"	3	-20			sí
07563+1052	A 2882	1,90	215,00	7,60	14,30	1923	2	07H56'20"	+10°51'53"	-8	-16			sí
09154+2248	A 2136	1,90	123,00	7,90	14,00	1933	3	09H15'26"	+22°48'29"	-11	-17			sí
08366+2324	POU2994	2,00	163,00	14,10	14,70	1898	1	08H36'34"	+23°24'30"					sí
08002+1557	A 2885	2,10	72,00	10,16	13,30	1922	2	08H00'14"	+15°56'31"	-3	0			sí
08118+1327	HU 851	2,20	232,00	7,60	14,20	1922	2	08H11'49"	+13°26'44"	-128	-89			sí
08340+1035	A 2896	2,20	344,00	7,60	12,80	1963	3	08H33'58"	+10°35'10"	-51	-30			sí
08230+3032	A 548	2,20	257,00	9,24	14,70	1917	2	08H23'01"	+30°32'22"	-32	53			sí
09155+2755	STF1327CD	2,20	351,00	10,50	15,50	1913	1	09H15'33"	+27°55'20"	11	-2			sí
08287+1121	BRT2143	2,30	55,00	10,10	10,90	1910	1	08H28'39"	+11°20'54"	3	3			sí
09167+1955	LDS5162	2,50	120,00	13,10	14,20	1960	1	09H16'35"	+19°55'17"	-84	-255	-17	-294	sí
08397+1939	HZG 6	2,60	50,00	13,40	13,80	1917	1	08H39'41"	+19°38'58"					sí
08250+0926	BU 1066	2,60	188,00	6,90	13,30	1944	3	08H25'01"	+09°25'33"	-11	9			sí
08459+2901	A 553	2,80	70,00	9,73	12,70	1938	7	08H45'56"	+29°00'35"	-23	9			sí
08315+2424	POU2982	2,90	288,00	13,20	13,70	1898	1	08H31'35"	+24°24'06"					sí
08229+2351	POU2955	3,00	150,00	14,40	14,50	1907	1	08H22'54"	+23°51'18"					sí
08057+1251	BRT3283	3,10	165,00	11,15	11,50	1896	1	08H05'39"	+12°51'17"	-1	3			sí
09001+1038	A 2969	3,20	359,00	9,07	13,10	1963	3	09H00'05"	+10°38'07"	-20	-9			sí
08159+0932	CHE 98	3,30	206,00	11,70	12,10	1906	1	08H15'56"	+09°32'01"	15	19			sí
08321+2514	HO 649BC	3,40	300,00	11,12	11,60	1965	6	08H32'00"	+25°14'16"	-5	-50			sí
08460+2725	BRT 152	3,50	31,00	11,20	11,60	1899	1	08H46'02"	+27°25'29"					sí
08542+1711	A 2553	3,50	308,00	8,74	13,60	1922	2	08H54'13"	+17°10'36"	-1	-7			sí
09000+2626	A 1975	3,60	82,00	6,60	14,00	1920	2	08H59'57"	+26°26'04"	-37	15			sí
08053+2413	POU2927	3,70	52,00	13,00	14,00	1950	2	08H05'17"	+24°13'12"					sí
09045+0938	BRT3217	4,10	0,00	10,77	12,30	1941	2	09H04'26"	+09°38'19"	-19	1			sí
08161+2337	POU2943	4,40	314,00	13,70	14,70	1899	1	08H16'11"	+23°36'24"					sí
08032+0957	A 2956	4,40	172,00	7,70	13,50	1921	2	08H03'14"	+09°56'34"	-7	-10			sí
08163+2320	POU2944	4,50	330,00	12,90	14,40	1899	1	08H16'22"	+23°19'54"					sí
08534+2423	POU3017	4,60	123,00	11,30	13,50	1899	1	08H53'24"	+24°23'24"					sí
08584+2411	POU3022	4,60	310,00	12,60	13,60	1899	1	08H58'22"	+24°10'42"					sí
08301+0824	STF1237AB	5,60	173,00	9,15	11,80	1921	6	08H30'04"	+08°24'23"	-2	-2			sí
08505+2308	ES 2630AC	7,50	198,00	9,76	12,60	1910	1	08H50'26"	+23°07'52"	-63	14			sí
08410+2353	POU2999	7,60	288,00	12,50	14,60	1898	1	08H40'59"	+23°52'30"					sí
08356+3116	SEI 505	8,40	350,00	9,70	11,00	1894	1	08H35'34"	+31°15'59"					sí
08236+2409	POU2960	9,60	334,00	12,37	12,80	1907	2	08H23'41"	+24°09'20"	-19	9			sí
08305+2337	POU2974AB	10,10	119,00	12,50	13,20	1898	1	08H30'30"	+23°36'37"					sí
08504+1123	HJ 2470	10,10	183,00	11,75	11,82	1912	4	08H50'21"	+11°22'33"	37	-31	2	1	sí
08028+2333	POU2918AB	10,80	203,00	11,27	13,10	1950	3	08H02'46"	+23°33'29"	52	62			sí
08216+2309	POU2950	11,90	117,00	11,05	14,40	1907	1	08H21'35"	+23°09'26"	-14	-48			sí
08490+2341	POU3010	12,20	169,00	11,90	13,40	1898	1	08H49'01"	+23°41'18"					sí
08505+2308	ES 2630AD	14,90	130,00	9,76	14,60	1910	1	08H50'26"	+23°07'52"	-63	14			sí
08506+1211	CHE 115	17,00	256,00	10,16	10,43	1911	1	08H50'34"	+12°10'20"					sí
08225+2638	BUP 115CD	30,80	226,00	10,08	13,70	1911	1	08H22'52"	+26°41'01"	-161	-74			sí
08546+1219	CHE 134	34,00	316,00	9,32	10,48	1911	1	08H54'33"	+12°19'07"	-7	-2			sí
08549+2612	HO 357AB-	44,00	3,00	6,75	13,00	1925	6	08H54'55"	+26°11'57"	54	-441			sí
08225+2638	BUP 115AB	46,20	220,00	9,13	12,70	1911	1	08H22'27"	+26°37'57"	-13	-109			sí
08116+3227	STT 564AB	55,00	327,00	6,86	11,00	1915	6	08H11'38"	+32°27'25"	-465	-647			sí
08105+2530	BUP 112AB	73,80	297,00	5,81	12,30	1925	3	08H10'27"	+25°30'26"	-71	-348			sí
08069+2530	BUP 110AB	112,90	11,00	9,89	13,00	1910	2	08H06'57"	+25°32'01"	-80	-122			sí
08401+2000	BUP 120BR	140,70	147,00	6,61	10,40	1921	5	08H40'11"	+19°58'16"	-35	-18			sí
08236+2509	BUP 116	146,10	174,00	10,04	12,00	1910	1	08H23'33"	+25°09'04"	-36	-224			sí

Más información y listados completos para descargar (por rho o AR) en la página web del Proyecto:

Id. WDS	Desc.	Rho	Theta	Mg. A	Mg. B	Última medida	Nº	AR	DEC	pmA AR	pmA DEC	pmB AR	pmB DEC	Coord. precisa
13195-7310	B 2312	3,00	355,00	9,81	12,30	1929	1	13H19'30"	-73°09'44"	-41	-12			sí
12446-6719	DON 548AB	3,10	47,00	11,43	13,40	1948	2	12H44'34"	-67°18'43"	-24	-4			sí
11267-7127	B 2279	3,10	230,00	10,49	12,50	1941	2	11H26'41"	-71°26'49"	7	5			sí
12483-6825	DON 556	3,10	297,00	9,80	13,30	1948	2	12H48'19"	-68°25'01"	-2	-7			sí
11580-7147	B 1712	3,20	233,00	8,30	12,90	1930	1	11H57'58"	-71°46'59"	-63	-27			sí
11547-6513	B 1710	3,20	269,00	8,53	12,80	1930	2	11H54'41"	-65°13'08"	-20	0			sí
12305-6905	BRT1999	3,30	136,00	12,36	12,36	1895	1	12H30'32"	-69°04'40"					sí
12446-6719	DON 548AC	3,30	87,00	11,43	14,20	1948	2	12H44'34"	-67°18'43"	-24	-4			sí
12123-6444	BRT1993	3,40	153,00	12,42	12,72	1910	1	12H12'23"	-64°44'43"					sí
13404-6806	MLO 52	3,40	175,00	12,10	12,33	1894	1	13H40'18"	-68°05'41"					sí
12073-7338	NZO 27	3,50	48,00	10,21	0,00	1974	2	12H07'18"	-73°38'16"	-1	-14			sí
12160-6530	BRT1995	3,50	106,00	12,29	11,81	1910	2	12H16'01"	-65°30'05"					sí
11253-6601	BRT1990	3,70	287,00	11,65	12,10	1895	2	11H25'19"	-66°00'51"	-9	1			sí
13456-7223	B 2763	4,00	270,00	10,70	0,00	1929	1	13H45'34"	-72°23'18"	0	-2			sí
13141-6555	BRT2003	4,30	73,00	12,23	12,20	1896	1	13H14'03"	-65°55'36"	-11	-5			sí
13076-7335	B 1728	4,40	286,00	7,60	14,10	1930	1	13H07'34"	-73°35'08"	-19	-8			sí
13363-7016	DON 606	4,90	148,00	9,09	12,10	1932	1	13H36'17"	-70°16'14"	-15	0			sí
13485-6727	DON 619	5,50	73,00	9,37	13,30	1948	2	13H48'27"	-67°27'18"	-36	-15			sí
13329-7142	B 2756	6,00	10,00	9,40	11,40	1929	1	13H32'54"	-71°42'01"	153	72			sí
12201-6701	MLO 40	6,40	141,00	9,17	13,30	1929	3	12H20'07"	-67°01'49"	-4	0			sí
11276-7008	DON 483	6,80	326,00	9,56	13,60	1967	2	11H27'35"	-70°07'34"	-16	-5			sí
13349-6510	LDS 450	8,00	225,00	13,00	15,00	1920	1	13H34'00"	-65°10'00"	-44	-54			no
11280-6611	RSS 262	11,10	7,00	7,70	11,00	1975	1	11H28'00"	-66°11'23"	-13	1			sí
11270-6903	HDO 211	12,00	190,00	8,13	11,30	1900	1	11H26'58"	-69°02'48"	-33	6			sí
11456-6644	HJ 4471	40,60	275,00	3,64	12,80	1918	3	11H45'36"	-66°43'43"	-103	37			sí
11395-6524	I 34AB-D	42,60	32,00	5,10	12,50	1901	3	11H39'29"	-65°23'51"	-35	-4			sí
11589-7103	LDS 376	53,00	315,00	14,50	14,90	1920	1	11H58'00"	-71°03'00"	48	87			no
12187-6755	LDS 401	124,00	225,00	14,60	14,90	1920	1	12H18'00"	-67°55'00"	-150	0			no

Más información y listados completos para descargar (por rho o AR) en la página web del Proyecto:

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



# Estudio de sistemas estelares dobles

Miguel Gómez Garrido y Gregorio Rosa Palacios

■ I.E.S. Ana Ozores (actual I.E.S. Octavio Paz), Móstoles (Madrid, España)

■ mgomezgarrido@hotmail.com | gregorio.rosa@hotmail.com

Se trata de un trabajo realizado en el marco de un Instituto de Educación Secundaria, en el que se inicia al alumno en la investigación científica. Se basa en el estudio de diversas estrellas dobles con el fin de determinar el carácter óptico o físico de cada sistema y, en este último caso, hallar los parámetros físicos de dichas órbitas (semiejes, orientación en el espacio y periodo). Una prioridad fundamental del proyecto es llevarlo a cabo con estrellas que no hayan sido estudiadas previamente. Por ello se han revisado diversos catálogos estelares y se han seleccionado aquellos sistemas que sólo tienen una entrada. Una vez seleccionadas las estrellas se ha hecho una búsqueda en diversas bases de datos estelares digitalizadas para obtener imágenes de ellas en distintos periodos. Sobre estas fotografías se realizaron las medidas necesarias en cada estrella. Tras un primer estudio y determinación de aquellos pares que presentaban interacción gravitatoria se procedió a realizar un análisis matemático para calcular los parámetros orbitales.

This work has been made in a Secondary High School, where the pupils are initiated to the scientific investigation. It is based on the study of several double stars in order to determine their nature (optical or physical), and when it is possible, to find some of their orbital parameters (axis, space orientation and period). One of our priorities has been to work on neglected double stars. Then, several images from digitized catalogues have been downloaded and analyzed to extract the position of the pairs along the studied period. Finally, this data were processed to obtain the character of the pair and, in some cases, their physical parameters.

## Introducción

LA ASTRONOMÍA es una parte importante de la física, que se estudia en los últimos cursos de la ESO y en los dos años que dura el Bachillerato. Se tratan los primeros modelos astronómicos, los avances con el modelo heliocéntrico, los cálculos basados en las leyes de Kepler y la gravitación de Newton, el modelo estándar de partículas que rige el comportamiento estelar y por último la concepción actual del universo. Todo este bagaje teórico nos lleva a mostrar un interés hacia la astronomía y la base necesaria para afrontar cualquier trabajo en este campo.

En nuestro Instituto, los primeros trabajos experimentales estuvieron enfocados hacia observaciones clásicas para obtener resultados fundamentales en astronomía emulando los primeros logros de la historia de esta ciencia. Hemos estudiado estrellas dobles (1), las estrellas variables (2) y el sistema solar (3). Las dificultades las encontramos a la hora de realizar trabajos innovadores, ya que no disponemos de los medios necesarios para realizar trabajos realmente serios, puesto que éstos son altamente sofisticados.

No obstante, aún quedan campos en los que los astrónomos aficionados podemos contribuir con nuestra aportación. Estos campos pueden ser el estudio de las estrellas dobles, de las variables, cometas y meteoros, estudio de la contaminación lumínica y en general en aquellos trabajos que precisen muchos observadores mirando el cielo, ya que los astrónomos profesionales no siempre pueden abarcarlo todo.

Por este motivo hemos decidido hacer un trabajo sobre estrellas dobles, ya que, debido al gran número

de ellas, aún quedan sistemas poco estudiados y se pueden realizar aportaciones nuevas.

El objetivo de este trabajo es seleccionar sistemas de estrellas dobles que no hayan sido estudiados previamente, determinar su naturaleza y, en los casos en los que exista interacción gravitatoria, encontrar los parámetros de las órbitas, publicar los datos y añadirlos a los catálogos de estrellas dobles.

## Estrellas dobles

Los sistemas dobles lo forman grupos de estrellas cercanas entre sí. Los sistemas pueden estar formados por dos o más componentes e incluso algunos pueden llegar a tener hasta seis componentes (figura 1).

Aparentemente las estrellas dobles se observan próximas entre sí, pero debido a su naturaleza las podemos clasificar en varios tipos:



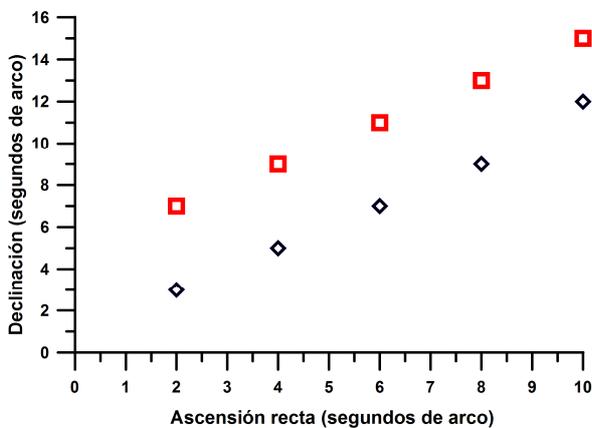
Figura 1. STF 1659, sistema múltiple formado por 6 estrellas, en la constelación del Cuervo.

— **Ópticas:** son aquellas que por cuestiones de perspectiva las observamos muy cercanas entre sí y sin embargo no guardan ninguna relación física. De hecho suelen estar muy alejadas la una de la otra. Un ejemplo de este tipo es la Kappa de Hércules que se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Imagen de la estrella Kappa, en la constelación de Hércules.

— **Par de movimiento propio común** (figura 3): son aquellas que se desplazan por el espacio siguiendo trayectorias paralelas. No existiendo interacción gravitatoria, son difíciles de determinar ya que aparentan tenerla. Un ejemplo de este tipo es la alpha de Leo, Régulo.



**Figura 3.** Variación de la posición de dos estrellas de un par de movimiento común, siguiendo trayectorias casi paralelas.

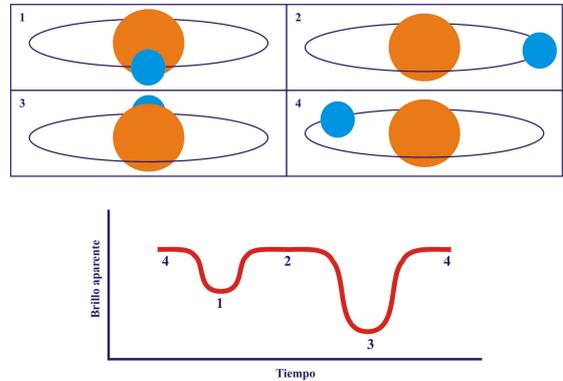
— **Pares físicos:** son aquellas que están ligadas físicamente unas a otras, es decir, que existe interacción gravitatoria. Existen varios tipos:

a) **Espectroscópicas:** son aquellas que debido a su cercanía no se consigue distinguir una componente de la otra, necesitando espectroscopía para poder diferenciarlas.

b) **Rayos X:** en este tipo una de las componentes es un objeto compacto (agujero negro, enana blanca o estrella de neutrones), de tal forma que se produce un intercambio de materia. La materia de la estrella cae a la compañera y así se producen las emisiones

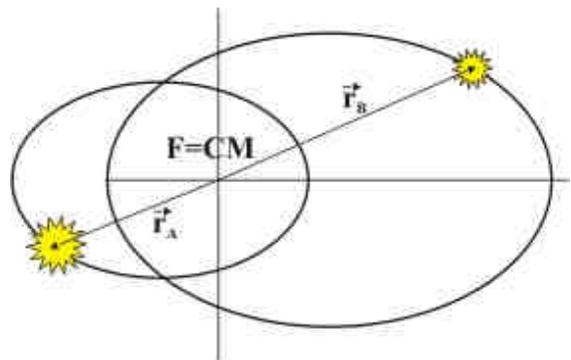
de rayos X.

c) **Binarias eclipsantes:** son estrellas que orbitan muy cercanas con períodos muy cortos, de tal modo que, desde nuestra posición observamos cómo se producen eclipses (figura 4), que provocan cambios en la magnitud del sistema, en algunas ocasiones detectable a simple vista y en otras, con la ayuda de fotometría.



**Figura 4.** Variaciones en el brillo al producirse los eclipses.

d) **Binario:** en este caso las dos estrellas giran una alrededor de la otra, pero a diferencia de las eclipsantes, no pasan una por delante de la otra y no se producen los eclipses. Es la situación más habitual. Cuando las masas de ambas estrellas son parecidas, las órbitas están descritas en relación al Centro de Masas del Sistema (figura 5). Cuando una de ellas es mucho mayor que la otra, su centro coincide aproximadamente con el centro de masas del sistema.

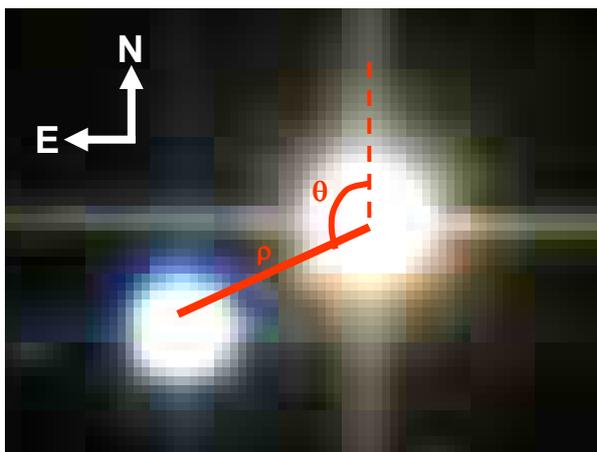


**Figura 5.** Una posible configuración de pares de estrellas que giran en torno al centro de masas.

Este último grupo constituye el objetivo principal de este trabajo. Vamos pues a estudiar más detenidamente las magnitudes que los caracterizan. Los parámetros que podemos medir experimentalmente en una estrella doble son (figura 6, página siguiente):

— **La separación angular,  $\rho$ ,** es la distancia que hay entre las dos estrellas y se mide en segundos de arco.

— El **ángulo de posición o ángulo polar**,  $\theta$ , es el ángulo que forma la línea que une el centro de las dos estrellas con el norte.



**Figura 6.** Imagen de Albieo.  $\theta$  es el ángulo de posición, y  $\rho$  la separación angular entre ambas estrellas.

En todos los catálogos podemos encontrar estos dos parámetros, que son los más importantes y que están al alcance de cualquier observador con un mínimo instrumental adecuado. Pero existen otras magnitudes que se pueden estudiar.

— Datos de la órbita de la componente menos masiva: Semiejes mayor y menor y excentricidad de la elipse descrita.

— Periodo de dicha órbita.

Por último, si el sistema es eclipsante, podremos medir la variación en la intensidad del brillo cuando se producen los eclipses, obteniendo en este caso la curva de luz de la estrella.

En la figura 7 se muestra la curva de luz de Algol (con un periodo de variación de aproximadamente 3 días) y las medidas (círculos rojos) reportadas en la referencia (2).

### Obtención de datos

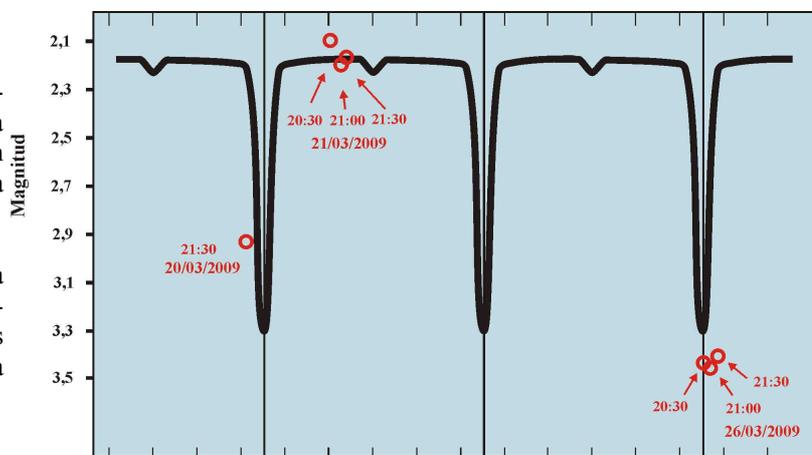
Nuestras fuentes de datos son el *Washington Double Star Catalog* (WDS), *Digitized Sky Survey* (DSS) y *Two Micron All Sky Survey* (2MASS).

El catálogo WDS (4) es la principal base de datos sobre estrellas dobles, gestionado por USNO (Observatorio Naval de los Estados Unidos, que es un centro de observación astronómica con una larga trayectoria). La tabla 1 nos muestra la entrada en el catálogo para un sistema,

concretamente STF1200. El WDS nos ofrece la posibilidad de obtener datos adicionales referidos a los parámetros orbitales y al carácter del par de aquellos sistemas que han sido estudiados en profundidad. Observando detalladamente el WDS comprobamos que existen gran cantidad de sistemas que han sido medidos una sola vez, por lo que no han podido ser estudiados detenidamente ofreciéndonos un campo de trabajo a los aficionados.

— Las bases de datos DSS (5) y 2MASS (6) nos ofrecen la posibilidad de tener acceso a imágenes de todo el cielo, tomadas por telescopios robotizados a partir de 1950, en diferentes longitudes de onda. Estas bases de datos nos permiten descargar las placas para poder medir la separación y el ángulo polar. Éstas se pueden descargar en distintos formatos, siendo el más apropiado el formato fit que es el utilizado por las cámaras CCD. Cada imagen incorpora una cabecera que contiene información sobre la placa descargada.

— El procesamiento de las imágenes requiere aplicaciones especializadas. En nuestro caso utilizaremos el software gratuito FV (7), distribuido por la NASA, que nos permite trabajar con las imágenes descargadas de DSS y 2MASS. La figura 8 muestra cómo se ha procesado una placa de la estrella HLM 43, (par que será estudiado más adelante) utilizando la herramienta “ruler”, para obtener la separación angular y ángulo polar.



**Figura 7.** Curva de Luz de Algol.

WDS Id.	Año de observación		Número medidas	$\theta$ (°)		$\rho$ (")	
	Primera	Última		Primera	Última	Primera	Última
08160+4946STF1200	1830	2004	27	181	181	8,4	8,4

Magnitud A	Magnitud B	Movimientos propios		Tipo espectral	Coordenadas (AR, DEC)
		A(msa/año)	B(msa/año)		
9,16	9,93	-14, +8	-12, +18	G0	081558,26+494619,5

**Tabla 1:** Entrada para el sistema STF 1200 en el catálogo WDS.

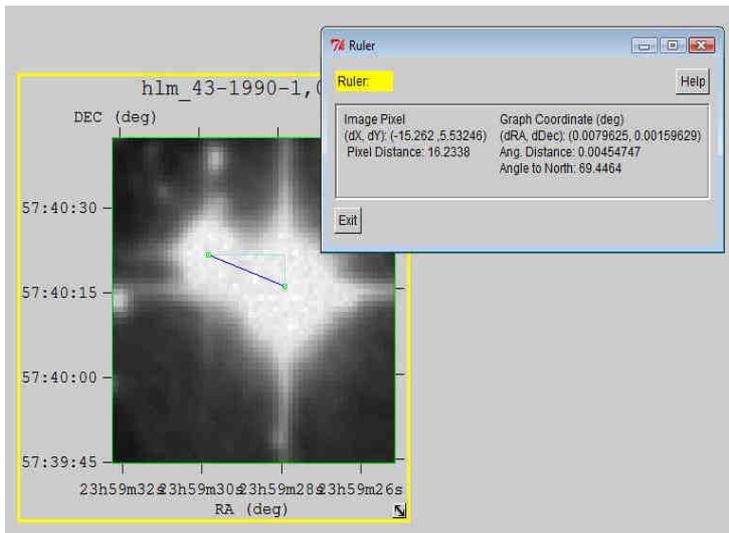


Figura 8. Imagen descargada de DSS y procesada con FV.

— Existen gran cantidad de catálogos especializados en distintos parámetros estelares. En nuestro trabajo hemos utilizado los catálogos Hipparcos y Tycho (8), basados en las medidas tomadas por la misión Hipparcos de la Agencia Espacial Europea. Concretamente, de estos catálogos hemos obtenidos los datos de las magnitudes absolutas y paralajes.

— Los atlas celestes *Cartes du Ciel* (9) y *Stellarium* (10) han sido utilizados constantemente a lo largo de todo el trabajo para identificar en el cielo la posición de algunas estrellas. Los dos son de distribución gratuita.

## Conceptos teóricos

### — Relaciones entre magnitudes, luminosidades, masas y distancias

Estos son datos adicionales que necesitaremos a lo largo del trabajo. Algunos se han obtenido de los catálogos expuestos en el punto anterior y otros se han deducido a partir de la teoría que se expone a continuación.

La magnitud visual o aparente,  $m$ , es la forma que tenían los antiguos griegos de catalogar las estrellas. Este número no tiene en cuenta la distancia de la estrella al observador. Para introducir este dato se utiliza la magnitud absoluta,  $M$ , que nos indica el brillo que tendría la estrella si se encontrara a una distancia de 10 parsecs (32,6 años luz). En algunos casos, en lugar de utilizar la distancia se utiliza la paralaje de las estrellas,  $\pi$ . Para deducir la magnitud absoluta de la estrella, relacionamos su magnitud visual bien con la paralaje o bien con la distancia de la estrella:

$$M = m + 5 + 5 \log \pi \quad [1]$$

$$M = m + 5 - 5 \log d \quad [2]$$

Se define la luminosidad como la cantidad de energía emitida por la estrella por unidad de tiempo (potencia). Para calcularla necesitamos la distancia ( $d$ ) y el brillo ( $F$ ) de la estrella. Normalmente se suele expresar relacionada con la luminosidad (luminosidad del Sol:  $3,8 \cdot 10^{26}$  W), la distancia y el brillo del Sol, mediante la expresión [3]:

$$\frac{L}{L_S} = \left( \frac{d}{d_S} \right)^2 \cdot \frac{F}{F_{ref}}$$

[3]

Esta relación nos ofrece resultados aproximados debido a que la luminosidad de una estrella se refiere a la energía emitida en todo el espectro, mientras que el brillo sólo hace referencia a la parte visible.

El brillo nos indica la magnitud visual, pero a la inversa, esto quiere decir que cuanto más brillo menor es la magnitud. El factor  $F/F_{ref}$  lo podemos obtener de la siguiente ecuación:

$$m - m_{ref} = -2,5 \cdot \log_{10} \left( \frac{F}{F_{ref}} \right)$$

[4]

Por último, para conocer la masa de la estrella, podemos relacionarla con la luminosidad de la estrella:

$$L \propto M^{3.3}$$

[5]

Donde  $M$  ahora es la masa. Este resultado sólo es aplicable a las estrellas de la secuencia principal y con las mismas reservas expuestas anteriormente. Como en casos anteriores, relacionaremos la masa y la luminosidad de nuestras estrellas con la del Sol.

$$\frac{M_{Estrella}}{M_{Sol}} = \sqrt[3.3]{\frac{L_{Estrella}}{L_{Sol}}}$$

[6]

### — Obtención de los parámetros de la elipse:

El punto de partida de las medidas de las placas son los datos de separación angular y ángulo de posición. Según la 1ª ley de Kepler, las órbitas descritas

son elipses, por lo que los datos experimentales se han de ajustar a esta curva. Nos encontraremos dos problemas para realizar este ajuste:

— Si se toma como foco la componente primaria, encontramos que la elipse suele estar desplazada ya que las estrellas giran en torno al centro de masas, y no la componente secundaria alrededor de la primaria (figura 5). Este efecto es especialmente acusado cuando las masas de las estrellas son muy parecidas. Los datos experimentales se refieren a la primaria, por lo que es necesario desplazar las medidas unas distancias  $D_x$  y  $D_y$  hasta hacerlo coincidir con el centro de masas.

— Para poder trabajar con la ecuación de la elipse, sin complicar excesivamente los cálculos necesitamos que sus semiejes coincidan con los ejes cartesianos (AR y Declinación), pero en el cielo esto no es lo habitual, por lo que debemos realizar una rotación de ejes.

La ecuación [7] describe una elipse en coordenadas cartesianas (a) y en polares (b):

$$(a) \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

$$(b) \quad r = \frac{a \cdot (1 - e^2)}{1 - e \cdot \cos \phi}$$

[7]

donde  $a$  es el semieje mayor,  $b$  es el semieje menor,  $r$  la separación angular entre ambas componentes,  $e$  la excentricidad de la elipse y  $\phi$  el ángulo de posición. Por último,  $c$  es la distancia del centro de la elipse a uno de sus focos.

$$[8] \quad c = e \cdot a$$

$$[9] \quad c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

La rotación la realizamos en coordenadas polares porque resultará más sencillo que en cartesianas.  $\phi$

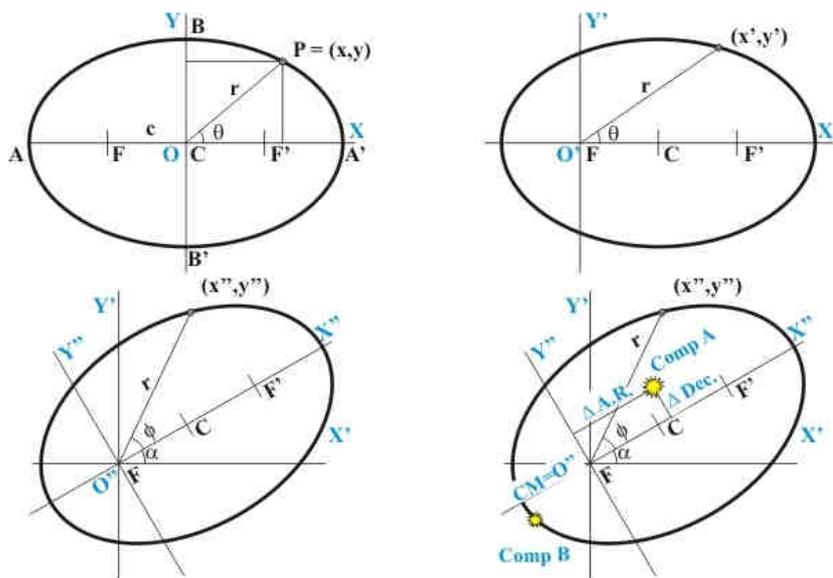


Figura 9. Arriba: elipse centrada en el origen de coordenadas y elipse con el origen desplazado al foco. Abajo rotación de ejes y desplazamiento para hacer coincidir con el centro de masas.

será la suma del ángulo respecto al norte y el ángulo que queramos rotar de elipse.

De cara a obtener información de los datos, lo más sencillo es utilizar un ajuste lineal. Por tanto la ecuación [7b] la transformaremos para obtener:

$$[10] \quad \cos \phi = \frac{1}{e} - \frac{a \cdot (1 - e^2)}{e} \cdot \frac{1}{r}$$

Cuando los datos provienen de una elipse con el origen en uno de los focos, la representación de [10] es una recta. El método analítico consiste en modificar el valor del ángulo de rotación de los ejes,  $D_x$  y  $D_y$ , para conseguir que la representación de la función [10] sea lo más semejante posible a una recta. Sabremos que estaremos en esa situación cuando el coeficiente de correlación del ajuste lineal alcance su máximo valor. La figura 10 (página siguiente) nos muestra un ejemplo de este ajuste con los mejores parámetros posibles y otro juego de parámetros.

Una vez obtenidos la pendiente y el término independiente del ajuste, se puede comparar éste con la ecuación [10] e identificar los parámetros de la órbita:

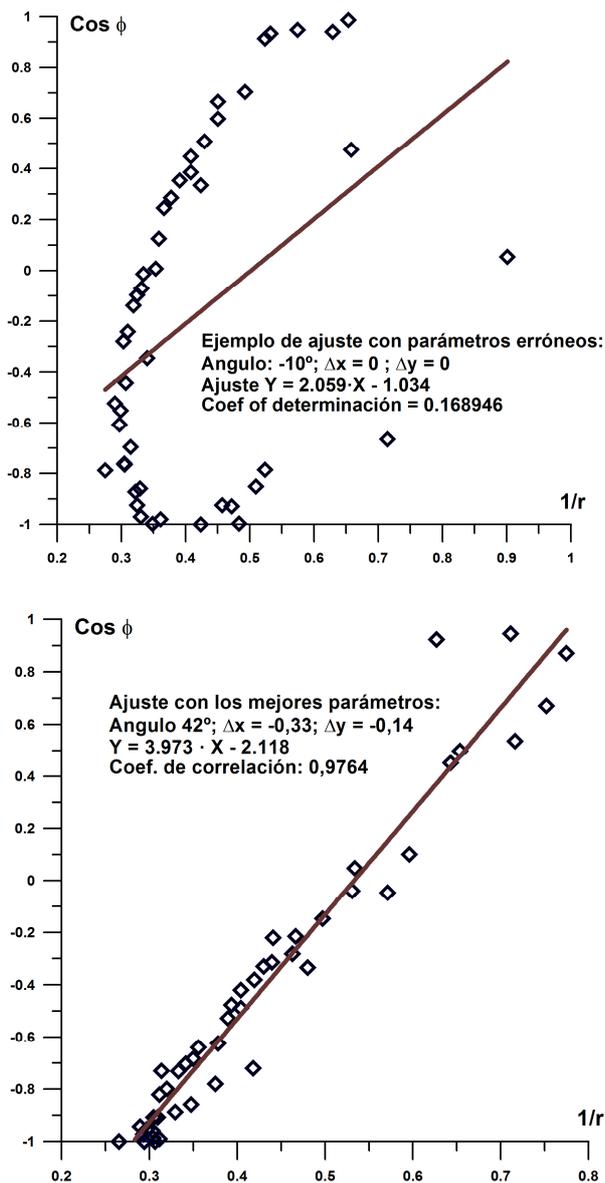
$$\frac{1}{e}$$

es el término independiente

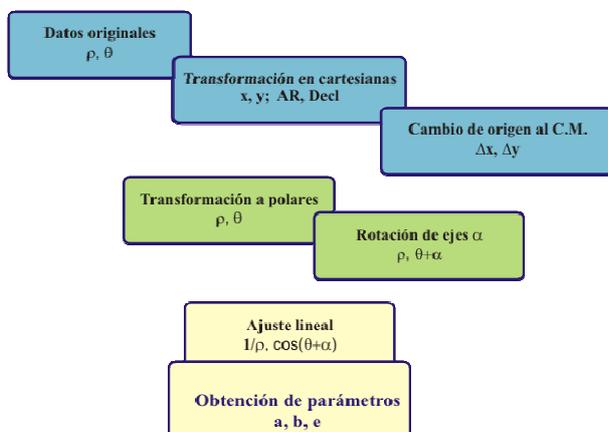
$$-\frac{a \cdot (1 - e^2)}{e}$$

es la pendiente de la recta.

Por último, de la pendiente se obtiene el semieje mayor  $a$ , y utilizando las ecuaciones [8] y [9], el parámetro  $c$  y el semieje menor  $b$ . De esta forma hemos hallado el ángulo que debemos rotar la elipse, y todos los parámetros de ésta.



**Figura 10.** Ejemplo de ajuste erróneo (arriba) y ajuste correcto, con alto coeficiente de correlación (abajo) de la estrella Kruger 60.



**Figura 11.** Esquema de las operaciones que se aplican a los datos de la elipse.

## — Otras cuestiones

Al realizar el ajuste se obtienen los semiejes en segundos de arco. Posteriormente necesitaremos este dato en unidades de longitud. Por lo que debemos transformarlo mediante la relación entre el arco y el ángulo. La longitud del semieje mayor,  $a$ , será:

$$a = \rho \cdot d \quad [11]$$

donde  $\rho$  es la separación angular a la que equivale el semieje mayor (en segundos de arco), calculada en el ajuste de la elipse y  $d$  la distancia hasta la estrella.

Por último, hallaremos el periodo de la órbita con la 3ª Ley de Kepler:

$$T^2 = \frac{G \cdot M_A}{4\pi^2} \cdot a^3 \quad [12]$$

$T$  es el periodo de la órbita,  $G$  la constante de gravitación universal y  $M_A$  la masa de la estrella primaria.

Como hemos indicado anteriormente, cuando las masas no son muy diferentes, las estrellas orbitan en torno al centro de masas y la 3ª Ley de Kepler se convierte en:

$$\frac{a^3}{T^2} = cte \cdot (M_A + M_B) \quad [13]$$

Si nos referimos al sistema solar, y más concretamente a la Tierra,  $M_{\text{Sol}} + M_{\text{Tierra}} \approx M_{\text{Sol}}$ . Utilizaremos las siguientes unidades: distancias en UA, periodo en años y masa en masas solares. En esta situación, el valor de la constante es 1, y la expresión [13] queda como:

$$\frac{a^3}{T^2} = (M_A + M_B) \quad [14]$$

## Criterios de selección y estrellas de estudio

Nuestro principal criterio de selección es que tengan una sola entrada en el WDS y por tanto no hayan sido estudiadas en profundidad. Además vamos a tener en cuenta que la separación angular entre las dos componentes sea superior a  $6''$  para poder medirla con cierta precisión en las placas.

A nuestra selección añadiremos una estrella, Kruger 60, un sistema estudiado en profundidad. Los datos del histórico de medidas de esta estrella se han solicitado al WDS. Esta estrella la vamos a utilizar para calibrar nuestro método de estudio.

## Determinación del carácter de los pares estudiados

El primer paso en este estudio es determinar si el par es físico u óptico, ya que en este último caso no tiene aplicación nada de lo expuesto anteriormente. Utilizaremos diferentes criterios para saberlo:

— Movimientos propios: los movimientos propios nos indican la dirección que llevan ambas estrellas en el espacio. Si las dos estrellas tienen movimientos propios similares indica que ambas se mueven en la misma dirección por tanto puede ser un par físico. Este criterio no siempre se puede aplicar, ya que los movimientos propios no están catalogados para todas las estrellas. Veamos como muestra la estrella de ejemplo:

Los movimientos propios en milisegundos de arco por año, en Ascensión Recta y Declinación, respectivamente, de las dos componentes son:

- Componente primaria: -802,-386
- Componente secundaria: -713,-321

Cuando estos movimientos son diferentes, quiere decir que cada estrella sigue su camino en el cielo y que no hay ninguna relación entre ellas, por lo que se tratará de un par óptico.

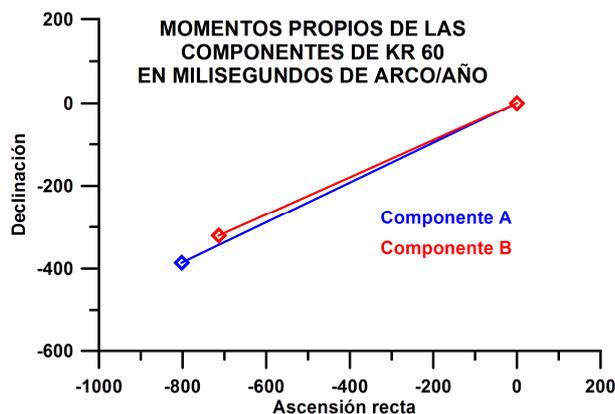


Figura 12. Movimientos propios de las componentes de KR 60.

— Criterio de Aitken (11). Este método nos indica la probabilidad de que un sistema presente interacción física entre las componentes. Este criterio nos supondrá el filtro más importante para seleccionar las estrellas que vamos a estudiar. Establece la máxima distancia que debe existir entre las dos estrellas para que el par pueda ser físico mediante la relación:

$$\text{Log}D = 2,8 - 0,2 \cdot Mc \quad [15]$$

donde  $D$  es la máxima distancia para que el par sea físico y  $Mc$ , la magnitud conjunta de las dos estrellas. Esta última se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$M_c = \frac{2,4 - \log B_T}{0,4} \quad [16]$$

$B_T$  es la suma de los brillos totales de las dos estrellas. Para calcular el brillo de cada estrella utilizamos la siguiente ecuación:

$$\log B = 2,4 - 0,4 \cdot m \quad [17]$$

Sigamos con el ejemplo Kruger 60: las magnitudes de las dos componentes son 9,93 y 11,41 (WDS). Utilizando la expresión [17] hallamos el brillo de cada una de las componentes:

- Brillo de la componente primaria: 0,026
- Brillo de la componente secundaria: 0,0068

Sumando los dos brillos e introduciéndolos en la ecuación [16], obtenemos que la magnitud conjunta es 9,68. Por último, utilizando la expresión [15] hallamos la distancia máxima permitida, que es 7,3 segundos de arco. En este caso la máxima separación angular es 3,1 por lo que no se supera la distancia máxima permitida y SÍ cumple el criterio. Se trata probablemente de un par físico.

Un ejemplo que no cumple el criterio es la estrella HJ1551: Las magnitudes de las dos componentes son 10,8 y 11,8, que nos lleva a una magnitud conjunta de 10,44 y una distancia máxima de 5,16 segundos de arco, mucho menor que la separación angular real de 26,1 segundos (WDS) por lo que NO cumple el criterio y es poco probable que sea un par físico.

— Estudio de las coordenadas X e Y: se trata de ver la posición de la componente B respecto a la componente A y comprobar que los puntos pertenecen a una elipse. Este método pierde fiabilidad cuanto menor sea la porción de la elipse estudiada (figura 13 (12), página siguiente).

## Determinación del carácter de las estrellas estudiadas

A continuación se reporta una lista de las estrellas estudiadas con el resultado de aplicar los distintos criterios y su naturaleza más probable (tabla de la página siguiente).

El número de pares que tienen catalogados los movimientos propios de las dos componentes, es muy

	ESTRELLA	MOVIMIENTOS PROPIOS	AITKEN	X-Y	NATURALEZA
1	Kr 60	SI	SI	SI	Binaria
2	HLM 43		SI	SI	Binaria
3	HDO 248AC		SI		Binaria
4	HDO 313		SI		Binaria
5	BU 806 AP		SI		Binaria
6	ARA 300		SI		Binaria
7	LDS 876		NO	NO	Óptica
8	VBS 2AC		NO		Óptica
9	BAL2622		NO	NO	Óptica
10	GAL 320		NO	NO	Óptica
11	H 5 117AC		NO	NO	Óptica
12	POU4999		NO		Óptica
13	PRO 160		NO	NO	Óptica
14	SEI 14AC		NO	NO	Óptica

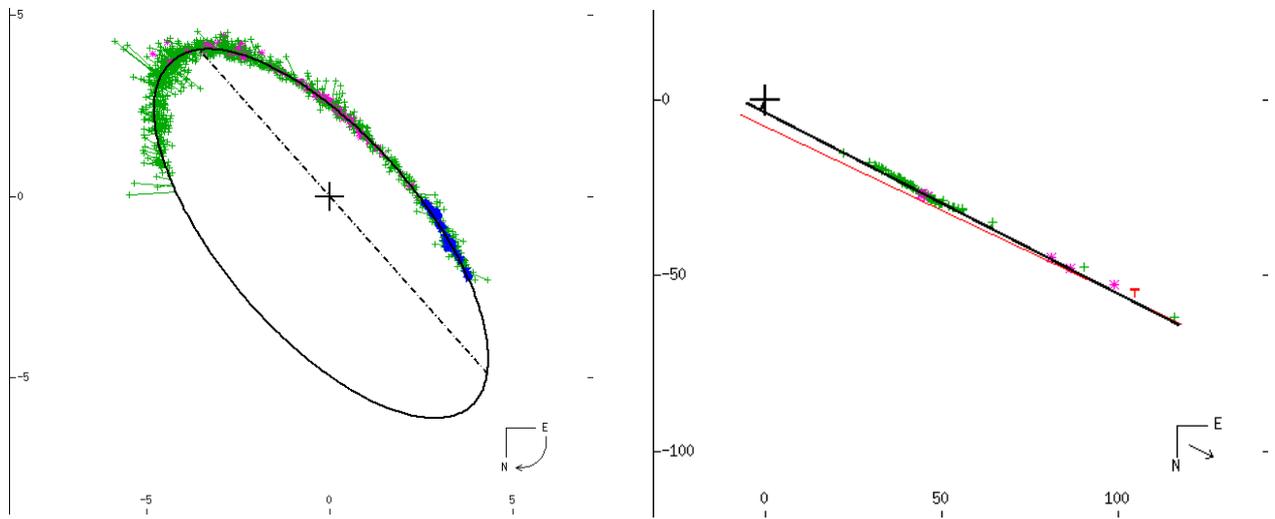


Figura 13. A la izquierda ejemplo de una estrella que sí cumple el criterio de las coordenadas XY (STF 1110AB). A la derecha el ejemplo de un par que no cumple el criterio (Componente C del sistema Kruger 60).

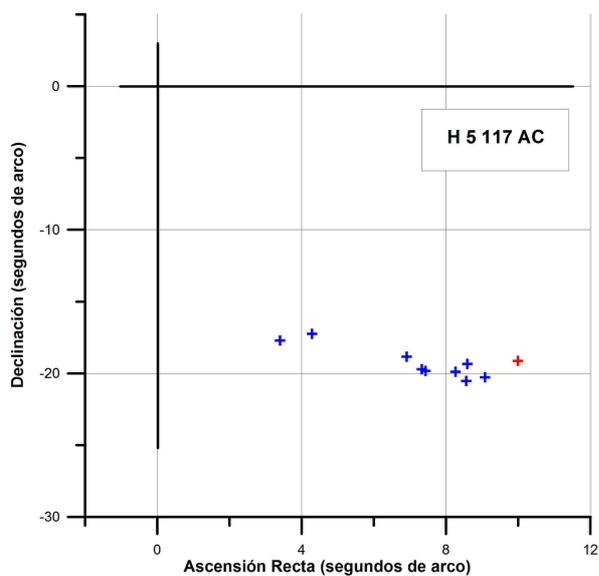


Figura 14. Ejemplo de datos de aplicación del criterio XY para determinar el carácter óptico.

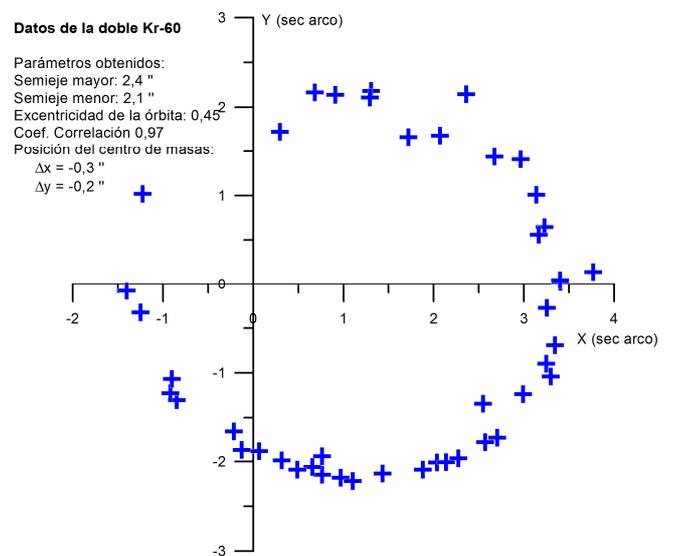


Figura 15. Gráfica de la órbita de Kruger 60 AB. La elipse representada ya se ha sometido a la rotación del desplazamiento de sus ejes hasta el valor que optimiza el coeficiente de correlación de la expresión [10].

Año de observación		Número medidas	$\theta$ (°)		$\rho$ (")	
Primera	Última		Primera	Última	Primera	Última
1890	2008	268	179	48	2,3	2,2

Magnitud A	Magnitud B	Movimientos propios (msa/año)		Tipo espectral	Paralaje
		A	B		
9,93	11,41	-802,-386	-713,-321	M3,5+M4,5	0,24952

Tabla 2. Datos procedentes del WDS e Hipparcos para KR 60AB.

reducido, por lo que tomaremos como principal criterio de determinación de la naturaleza de los sistemas, el criterio de Aitken. Que se cumpla este criterio no asegura que realmente haya interacción gravitatoria, pero ésta es la opción más probable, ya que el criterio tiene un índice de fiabilidad mayor del 70%.

En la tabla hay varias estrellas en las cuales no hay ninguna entrada en el criterio XY. Ello se debe a que los puntos están muy agrupados y no se puede distinguir si forman parte de una elipse o de una recta. En la figura 14 (página anterior) se muestra como ejemplo la gráfica de la estrella H 5 117 AC. Los puntos azules son los datos obtenidos en las placas descargadas (de 1950 – 1995) y el punto rojo es nuestra observación de agosto de 2010.

### Estudio analítico de las dobles físicas

Aplicaremos el método de estudio a la Kr 60 AB basándonos en los datos solicitados al WDS con el fin de comprobar la fiabilidad de los resultados, para posteriormente, aplicarlo al resto de sistemas estelares.

#### — Kruger 60 AB

Kruger 60 AB cumple los tres criterios que determinan su naturaleza como física. La figura 15 (página anterior) representa todos los datos de las diferentes medidas de este par. Inmediatamente se puede comprobar que se trata de una órbita elíptica, lo que nos asegura definitivamente la interacción gravitatoria.

Los datos disponibles en los distintos catálogos de este sistema son los que pueden observarse en la tabla 2 de esta página.

Tras aplicar las fórmulas [1], [2], [3], [4] y [5], obtenemos los siguientes resultados (tabla 3):

	Magnitud absoluta		Distancia (años luz)	Luminosidad	
	A	B		A	B
Resultados analíticos	11,92	13,4	13,05	0,0014	0,0004
Datos bibliografía	11,92	13,4	13,07	0,01	0,0034

Tabla 3. Resultados analíticos y a partir de datos de la bibliografía, obtenidos de Stellarium, que utiliza el catálogo Hipparcos, y de Wikipedia (13).

Se aprecia una variación muy significativa en el dato de las luminosidades. Esta cuestión ya se planteó en la exposición teórica y ahora podemos profundizar más en este concepto. Las componentes de Kr 60 AB son dos estrellas muy frías (alrededor de 3000 K de temperatura superficial) que emiten la mayor parte de su energía en el infrarrojo. El cálculo de la tabla 3, basado en la expresión [3] parte en primera instancia de la magnitud visual, que refleja mucha menos energía que la realmente emitida por la estrella, que es la luminosidad. Podríamos obtener un dato de luminosidad más fiable mediante la relación Masa-Luminosidad ([5]), para lo que deberemos obtener la masa a partir de la tercera ley de Kepler. Para ello obtendremos el periodo orbital a partir del análisis de los datos del WDS. La figura 16 nos indica la forma de hacerlo.

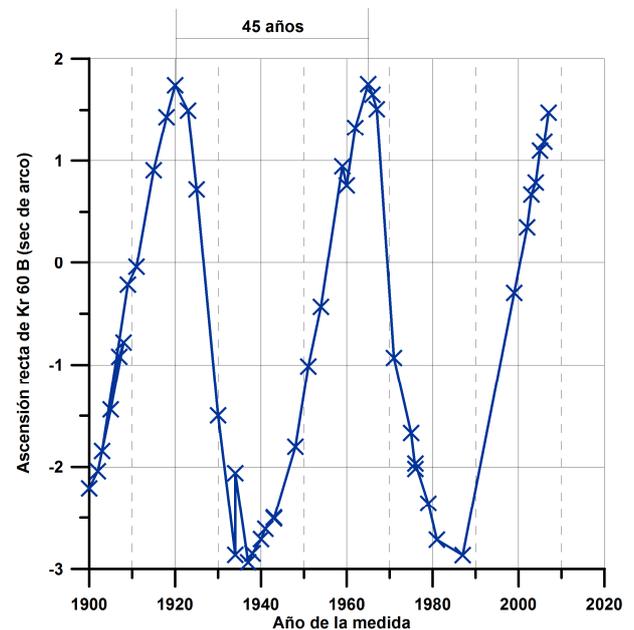


Figura 16. Ascensión recta de la componente B en función del tiempo, con la elipse rotada y desplazada.

Podemos comprobar cómo se repiten las posiciones periódicamente con un intervalo de unos 45 años. Un análisis más detallado nos ofrece un resultado de 44,6 años.

El siguiente paso será el cálculo de los parámetros de la elipse. Utilizaremos las ecuaciones [8], [9], [10] y el ajuste lineal de esta última, que se muestra en

la figura 10 b. La ecuación del ajuste lineal es:

$$y = 2,21 - 4,18x$$

$$\frac{1}{e} = 2,21$$

$$-\frac{a \cdot (1 - e^2)}{e} = -4,18$$

- Semieje mayor: 2,38 segundos de arco
- Semieje menor: 2,12 segundos de arco
- Excentricidad: 0,45

- La elipse real está girada 215 grados respecto a los ejes celestes de ascensión recta y declinación.
- El centro de masas del sistema está desplazado -0,3 segundos en ascensión recta y -0,2 segundos en declinación (en la elipse rotada).

Los datos que nos ofrece el catálogo WDS son:

- Semieje mayor: 2,38 segundos de arco
- Periodo: 44,67 años
- Excentricidad: 0,41
- Ángulo de rotación: 211 grados

Estos resultados confirman que **nuestro método de trabajo es correcto**. Por último, ahora que conocemos el semieje mayor, vamos a aplicar los datos obtenidos al cálculo de la masa del sistema según la 3ª Ley de Kepler, según la ecuación [14]. El resultado es que:

$$M_A + M_B = 0,46$$

Los valores de las masas son 0,28 y 0,18 masas solares. Este dato de nuevo confirma la validez del método. Si calculamos de nuevo la luminosidad utilizando la expresión [5], obtenemos unos valores (relativos al Sol) de:

- Componente primaria: 0,015
- Componente secundaria: 0,0035

Ahora aplicaremos el método de estudio a las estrellas que han sido medidas en pocas ocasiones, para poder obtener los parámetros de la elipse, así como realizar una estimación de las masas y luminosidades.



Figura 17. Imagen HLM 43 del DSS.



Figura 18. Imagen de HLM 43 tomada por una Canon 350D montada a foco primario sobre un Meade LX 200 de 12 pulgadas.

### — HLM 43

Al aplicar el criterio de Aitken, la distancia máxima resulta ser 23,2 segundos de arco y como vemos en la tabla 4, la separación angular entre ambas componentes es de 18,6 segundos de arco, por lo que existen muchas probabilidades de que el sistema sea físico y que existan interacciones gravitatorias. Los datos catalogados son los que aparecen en la tabla 4.

Se han descargado trece placas de DSS correspondientes a medidas realizadas entre los años 1952 y

Año de observación		Número medidas	$\theta$ (°)		$\rho$ (")	
Primera	Última		Primera	Última	Primera	Última
1901	1901	1	76	76	18,6	18,6

Magnitud A	Magnitud B	Movimientos propios		Tipo espectral	Paralaje
		A	B		
7,2	11,2	+22,-31	-	A0	0,00899

Tabla 4. Datos de HLM 43 procedentes de los catálogos WDS e Hipparcos.

1995. Además se fotografió el sistema la noche del 13 de agosto de 2010. Se han obtenido la separación angular y ángulo de posición en las placas como se muestra en la figura 8. En nuestra imagen se ha comparado la imagen con dos dobles utilizadas de referencia ( $\eta$  Casiopeae y  $\gamma$  Andromedae, ver anexo I). Los resultados se encuentran en la tabla 5.

PROCEDENCIA	AÑO	ÁNGULO DE POSICIÓN (°)	SEPARACIÓN ANGULAR (")
<b>Propia</b>	<b>2010</b>	<b>63,25</b>	<b>15,84</b>
DSS	1995	64,95	16,5
DSS	1995	66,12	17,04
DSS	1994	65,32	16,85
DSS	1992	65,99	16,69
DSS	1991	66,48	16,76
DSS	1991	66,56	16,5
DSS	1990	65,67	16,85
DSS	1989	67,34	17,15
DSS	1983	66,66	16,98
DSS	1954	71,94	17,44
DSS	1954	70,05	17,26
DSS	1952	72,59	17,17
DSS	1952	73,79	17,03

Tabla 5. Separación angular y ángulo polar de HLM 43.

Con los datos de separación angular y ángulo de posición, podemos representar las coordenadas X e Y; de esta forma comprobaremos cómo se describe una elipse (figura 19). En esta imagen también se muestran los datos analizados y los resultados obtenidos.

Con respecto al criterio de los movimientos propios, disponemos de los de la componente primaria (tabla 4), por lo que no conocemos la dirección de la componente secundaria y por lo tanto no podemos aplicar dicho criterio.

Ahora aplicaremos el método de trabajo desarrollado con el sistema Kruger 60 AB, para hallar los parámetros de la elipse.

Utilizaremos las ecuaciones [8], [9], [10] y el ajuste lineal de esta última, que se muestra en la figura 10 b. La ecuación del ajuste lineal es:

$$y = -1,3025 - 1,1426 x$$

$$\frac{1}{e} = 1,13$$

$$-\frac{a \cdot (1 - e^2)}{e} = -1,75$$

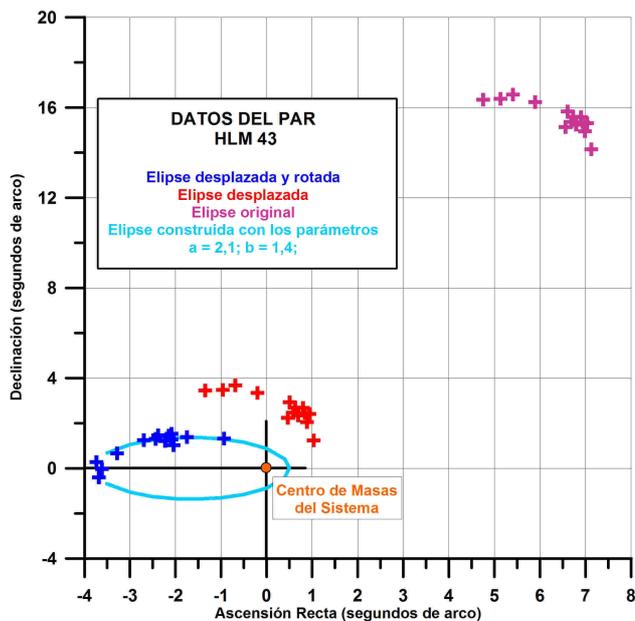


Figura 19. Órbita de HLM 43.

- Semieje mayor: 2,1 segundos de arco
- Semieje menor: 1,4 segundos de arco
- Excentricidad: 0,77

- La elipse real está girada 255 grados respecto a los ejes celestes de ascensión recta y declinación.
- El centro de masas del sistema esta situado en una posición de 6,1 segundos en ascensión recta y 12,9 segundos en declinación respecto de la primera.
- El coeficiente de correlación del ajuste (figura 19) es de -0,9490. Existe otra solución, correspondiente al mismo desplazamiento y un giro de 75°. Este segundo caso es simétrico al anterior y supondría utilizar el otro foco de la elipse como centro de masas del sistema. En este caso el coeficiente de correlación del ajuste es 0,9490.

En primer lugar utilizaremos las ecuaciones [1], [2], [3], [4] y [5], para obtener los siguientes resultados:

	Magnitud absoluta		Distancia	Luminosidad	
	A	B		A	B
Resultados analíticos	1,97	5,97	362,62	13,3	0,33
Datos bibliografía	1,97	-	362,8	-	-

Tabla 6. Cálculos realizados con HLM 43.

Como ya dijimos antes, el cálculo de las luminosidades será orientativo. De esta forma podemos hallar la masa de las estrellas de forma aproximada, utilizando la ecuación [5]:

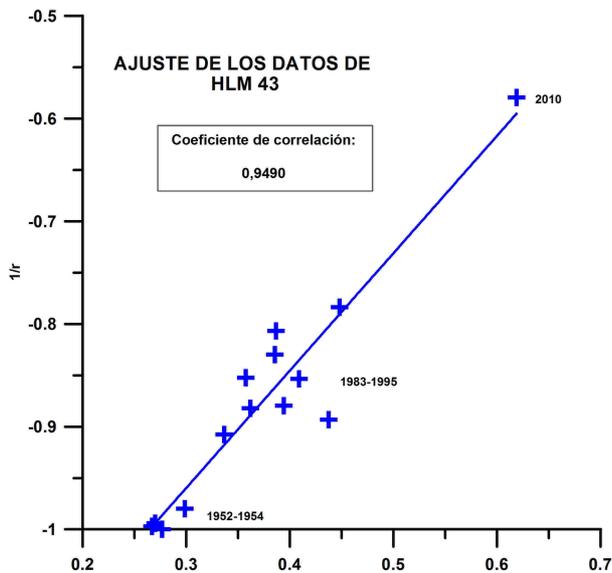


Figura 20. Mejor ajuste lineal a la expresión [10] para un ángulo de giro de 75° y unos desplazamientos de -6,1 y -12,9 segundos de arco.

$$M_A = 2,19$$

$$M_B = 0,71$$

Por último, calcularemos el periodo de la órbita mediante la 3ª Ley de Kepler, para obtener un resultado de:

$$T = 2087 \text{ años}$$

De nuevo en este caso se plantea una situación similar a KR 60 respecto a las masas, especialmente en lo que se refiere a la componente B. El análisis de la figura 16 sugiere que la componente A está mucho más alejada del centro de masas que la componente B, por lo que debería ser menos masiva. No obstante la magnitud visual de B es mucho menor que la de A.

HLM43 A es del tipo espectral A0, (como Vega) con una temperatura superficial de unos 9000 K lo que hace que la mayor parte de su emisión de energía sea en el visible. No está catalogado el tipo espectral de HLM43 B, pero por la imagen parece ser del tipo K o M, con una temperatura superficial entre 3000 y 4000 K, lo que hace que el máximo de emisión se encuentre en el infrarrojo, por encima de los 800 nm. En esta situación, hay una gran cantidad de energía que no podemos ver y por tanto la luminosidad real de la estrella (Potencia emitida por la estrella en Vatios), posi-

blemente sea mucho mayor que la estimada en la tabla 6, y por tanto su masa será también muy superior a 0,71 masas solares.

Esta conclusión implica también, que el periodo determinado para HLM 43 es mucho menor que 2087 años, conclusión que también se puede deducir a partir del estudio de la figura 19.

Es necesario hacer referencia también al método de posicionamiento del Centro de Masas. Se trata de un método en el que no es necesario conocer la masa de las componentes. No obstante, presenta deficiencias. Para aplicarlo, se ha considerado la componente A inmóvil. El método será menos fiable cuanto más rápida se mueva esta componente. En el caso que nos ocupa, HLM 43 se puede considerar que al estar la componente A mucho más alejada del CM que la componente B, se va a mover mucho más lentamente y por tanto, podremos suponer que ha sido muy pequeño en los 60 años del estudio y despreciarlo.

En cualquier caso, es un sistema peculiar sobre el que se podrían elaborar distintas hipótesis, como por ejemplo que es un par óptico y la componente B orbita alrededor de un cuerpo oscuro. También se podría teorizar con la idea de que fuera un sistema en el que hubiera un tercer cuerpo, también oscuro.

En cualquier caso, se trata de un sistema muy interesante sobre el que futuras observaciones arrojarán más luz.

#### — RESTO DE ESTRELLAS:

Aplicando el mismo método a otros sistemas estelares se ha llegado a los resultados que se ofrecen en la tabla 7.

### Conclusiones finales

Los resultados son fiables para la estrella de calibración Kruger 60 AB. Se le puede dar bastante credibilidad al estudio realizado sobre HLM 43, teniendo en cuenta las reservas que se han expuesto previamente. Sin embargo para el resto de las estrellas los resultados son menos precisos debido a que la porción de la elipse estudiada es muy escasa. Realmente, para poder aceptar estos valores, será necesario el paso de los años y el estudio de la evolución de los sistemas.

	Estrella	Semieje mayor	Semieje menor	Excentricidad	Rotación de ejes	Posición C.M*	
						A. R.	Dec.
3	HDO 248AC	46,6	30,8	0,75	10°	-10,0	2,0
4	BU 806 AP	25,7	16,1	0,78	310°	-9,0	-6,0
5	ARA 300	12,08	7,3	0,8	5°	-0,7	-0,2

\* Respecto a la componente primaria

Tabla 7: otras estrellas objeto de estudio.

Además, como conclusión del trabajo, podremos decir que la inmensidad del cielo y la gran cantidad de objetos en él, permite a los astrónomos aficionados participar de forma activa en su estudio. El ingente número de estrellas dobles conlleva que solo un porcentaje pequeño de ellas hayan sido estudiadas a nivel profesional. En la mayoría de los casos, ni siquiera se ha determinado si realmente son sistemas dobles o es tan solo una cuestión de perspectiva que ambas estrellas aparezcan muy cercanas en el cielo. Un estudio de unas cuantas de estas estrellas elegidas al azar revela que un pequeño porcentaje de ellas son realmente pares de cuerpos con interacción gravitatoria. La mayor parte de los sistemas, o no tienen relación física o tenemos aún pocos datos para determinarlo. Poco a poco las asociaciones de observadores aficionados, entre los que nos contamos, van aportando más estudios de estos pequeños sistemas “ignorados” y rellenando esos huecos que aún quedan en el cielo. Aún siguen siendo muchas las estrellas sin catalogar y los pares sin estudiar, por lo que este trabajo es sólo una muestra de un camino a seguir en el futuro.

Finalmente, el poder contribuir con nuestro trabajo al conjunto de la Ciencia con unos medios limitados nos anima a seguir con esta afición que es la astronomía,

que tantas satisfacciones nos proporciona. ☺

## Referencias

- (1) Una estrella doble en el cielo. Finalista en el certamen Ciencia en Acción, sección Adopta una estrella 2008; Miguel Gómez Garrido, Daniel Serrano González; coordinador Gregorio Rosa Palacios.
- (2) Algol y las binarias eclipsantes. Mención de Honor en el certamen Ciencia en Acción, sección Adopta una estrella 2009; Miguel Gómez Garrido, Sheila Aguilar García, Nicolay Valentinov; coordinador Gregorio Rosa Palacios.
- (3) Júpiter y sus satélites. Premio especial Año Internacional de la Astronomía en el certamen Jóvenes investigadores 2009; Miguel Gómez Garrido; coordinador Gregorio Rosa.
- (4) <http://ad.usno.navy.mil/wds/>
- (5) [http://archive.stsci.edu/dgi-bin/dss\\_form](http://archive.stsci.edu/dgi-bin/dss_form)
- (6) <http://www.ipac.caltech.edu/2mass>
- (7) <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/ftools/fv/>
- (8) <http://www.rssd.esa.int/index.php?projetc=HIPPARCOS>
- (9) <http://www.astrosurf.com/astropc/cartes/index.html>
- (10) <http://www.stellarium.org/es/>
- (11) New general catalogue of double stars within 120° of the North Pole, Robert Grant Aitken and Eric Doolittle, Washington, D. C.: Carnegie Institution of Washington, 1932.
- (12) WDS.
- (13) <http://www.wikipedia.org>

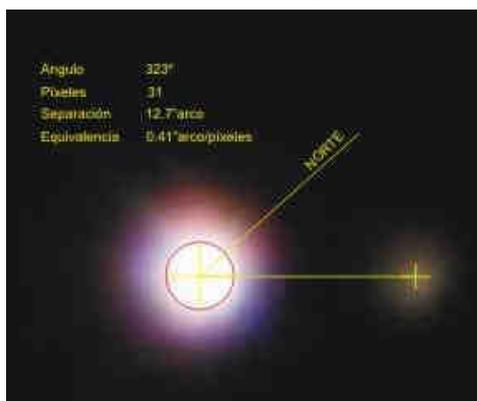
### NOTA FINAL

**Este trabajo ha sido galardonado con el Premio Especial del Jurado en el XXIII Certamen de Jóvenes investigadores organizado por el Ministerio de Educación y el Instituto de la Juventud y representará a España en el 23th European Union Contest for Young Scientists que se celebrará en la ciudad de Helsinki en Septiembre de 2011.**

### ANEXO I

LOS DÍAS 13 Y 14 DE AGOSTO DE 2010 se fotografieron algunos de los pares objeto de estudio. Dicha observación aparece destacada en rojo en las tablas y gráficas de este trabajo, así como en la tabla de datos que se adjunta. Las medidas de separación angular y ángulo polar de los pares se tomaron por comparación con las imágenes obtenidas de dos sistemas de parámetros conocidos, eta Casiopeae y gamma Andromedae. El proceso fue el siguiente:

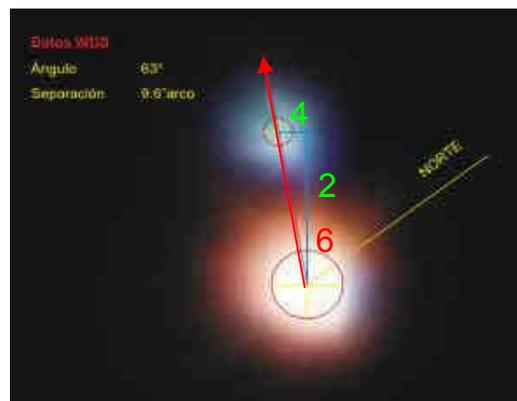
1. Se utiliza una estrella con sus datos conocidos: eta Casiopeae. Sobre la imagen se cuentan los píxeles de separación entre los dos centros y se sitúa el norte. Se



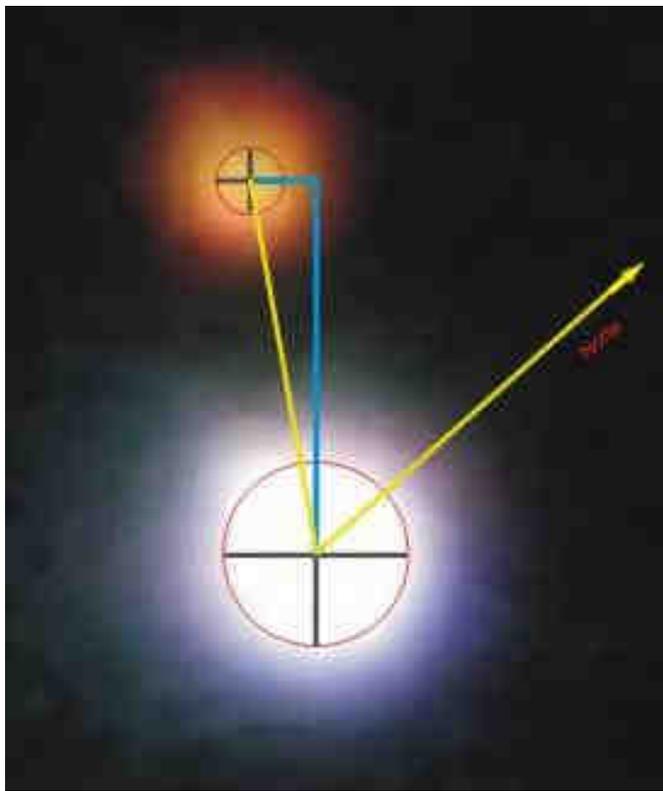
encuentra que la equivalencia es de 0,41 segundos de arco.

2. Se estima la separación y el ángulo polar para una estrella conocida, gamma Andromedae: tras contar los píxeles de separación, utilizando el teorema de Pitágoras se llega a una magnitud de 23,34 píxeles, que al multiplicarlos por la equivalencia de 0,41 segundos/píxel se obtiene una separación de 9,6 segundos de arco. El ángulo se comprueba de forma gráfica.

3. Se procede a medir las estrellas desconocidas. En la imagen HLM 43.



(continúa en la página siguiente)



Horizontal: 6 píxeles

Vertical: 38 píxeles

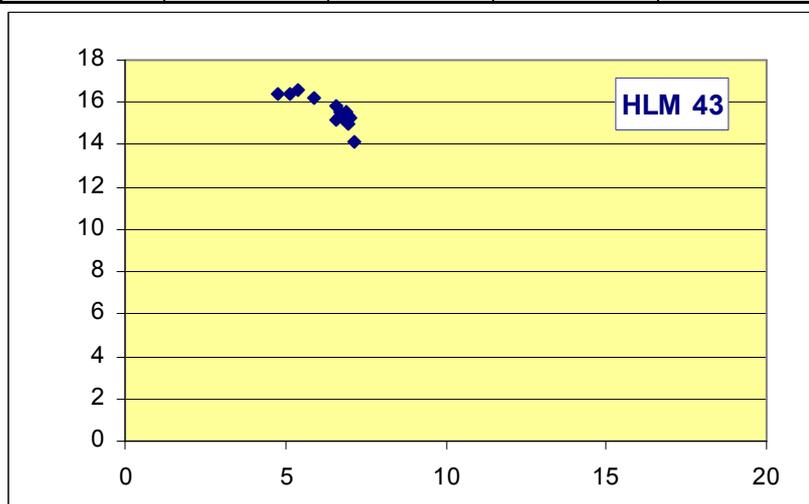
Separación: 38,64 píxeles

Separación angular : 38,64 píxeles x 0,41 = 15,85"

Ángulo: 63,25°

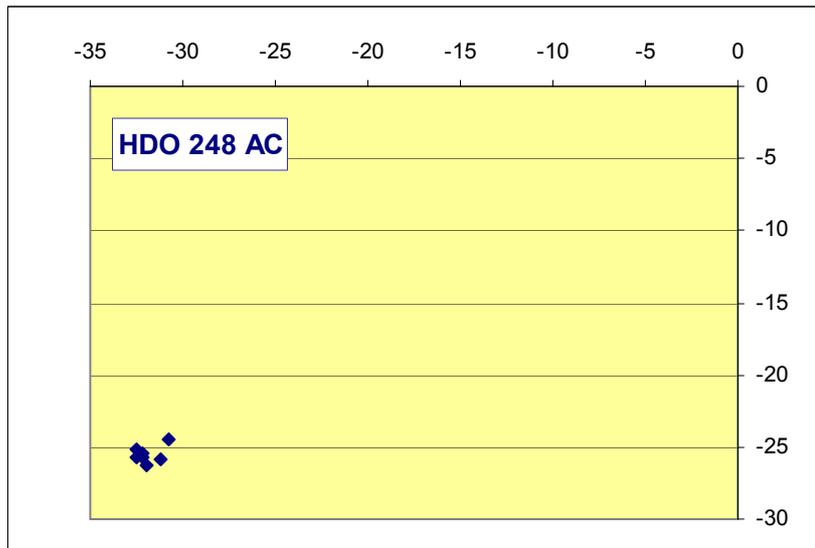
## ANEXO II

HLM 43				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>63,25</b>	<b>15,84</b>	<b>7,130</b>	<b>14,145</b>
1995	64,9495	16,504713	6,988	14,952
1995	66,1235	17,044457	6,899	15,586
1994	65,3205	16,845083	7,034	15,306
1992	65,9882	16,689947	6,792	15,246
1991	66,4805	16,7589	6,688	15,367
1991	66,5567	16,504309	6,566	15,142
1990	65,6753	16,853668	6,942	15,357
1989	67,3421	17,151517	6,607	15,828
1983	66,6614	16,982116	6,728	15,593
1954	71,9366	17,44115	5,408	16,582
1954	70,0508	17,262415	5,890	16,227
1952	72,5929	17,16898	5,136	16,383
1952	73,7916	17,032135	4,754	16,355

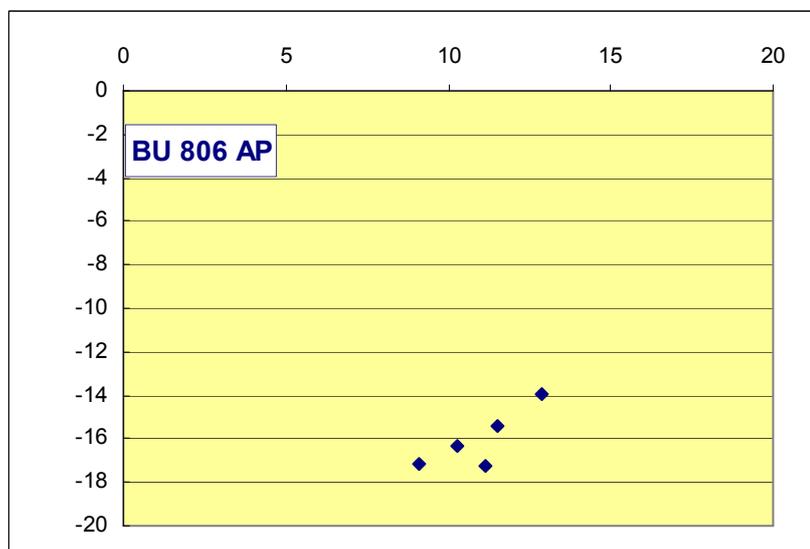


(continúa en la página siguiente)

HDO 248AC				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>218,5</b>	<b>39,28</b>	<b>-30,741</b>	<b>-24,452</b>
1994	219,6	40,50	-31,213	-25,803
1994	219,4	41,29	-31,906	-26,216
1991	218,3	41,00	-32,182	-25,410
1990	218,6	41,12	-32,123	-25,669
1975	218,2	41,45	-32,549	-25,658
1974	217,7	41,08	-32,519	-25,101

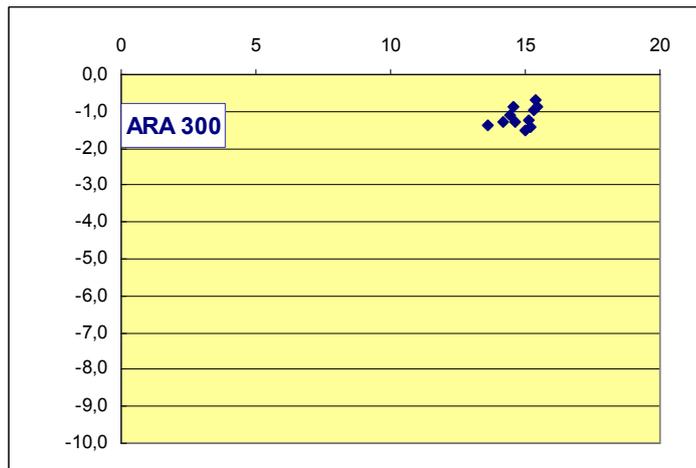


BU 806 AP				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>298</b>	<b>19,44</b>	<b>9,127</b>	<b>-17,165</b>
1996	302,804	20,516837	11,115	-17,245
1994	302,2	19,324431	10,298	-16,352
1983	306,736	19,20405	11,486	-15,390
1955	312,798	18,950024	12,875	-13,905

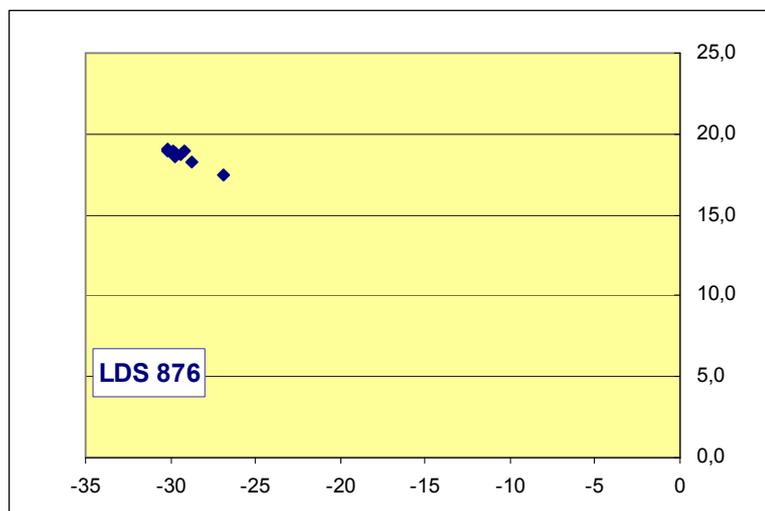


(continúa en la página siguiente)

ARA 300				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>354,25</b>	<b>13,65</b>	<b>13,581</b>	<b>-1,368</b>
1997	354,885	14,243424	14,187	-1,270
1994	354,588	15,248879	15,181	-1,438
1994	356,828	15,47825	15,455	-0,856
1992	356,577	14,575512	14,550	-0,870
1987	355,65	14,445121	14,404	-1,096
1985	355,381	15,164443	15,115	-1,221
1982	356,372	15,324888	15,294	-0,970
1980	354,961	14,707023	14,650	-1,292
1977	354,28	15,101848	15,027	-1,505
1950	357,427	15,369802	15,354	-0,690

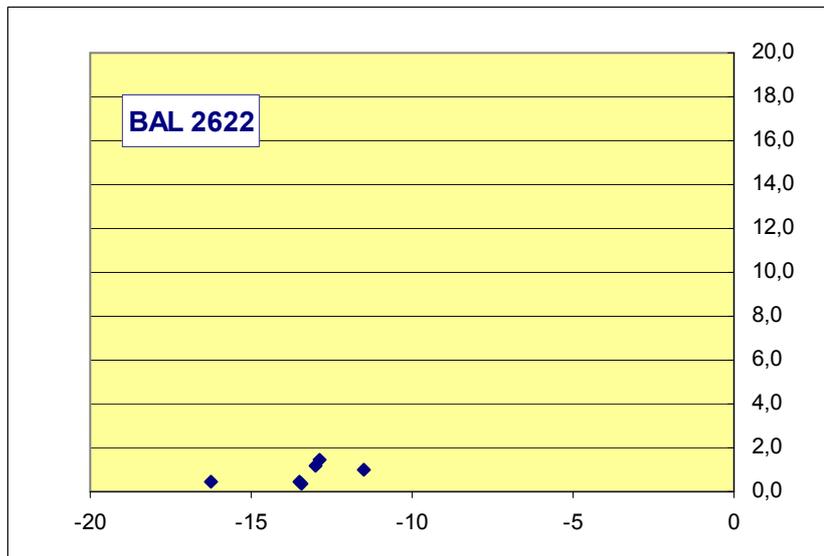


LDS 876				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>146,94</b>	<b>32,08</b>	<b>-26,886</b>	<b>17,500</b>
1994	147,03	34,847828	-29,236	18,964
1993	147,674	35,708954	-30,175	19,095
1992	148,003	35,016902	-29,697	18,555
1990	147,781	35,605126	-30,123	18,983
1989	147,54	35,321114	-29,803	18,957
1987	147,874	35,076576	-29,706	18,653
1982	147,541	34,86768	-29,421	18,713
1952	147,618	35,24882	-29,767	18,878
1952	147,494	34,090328	-28,750	18,320

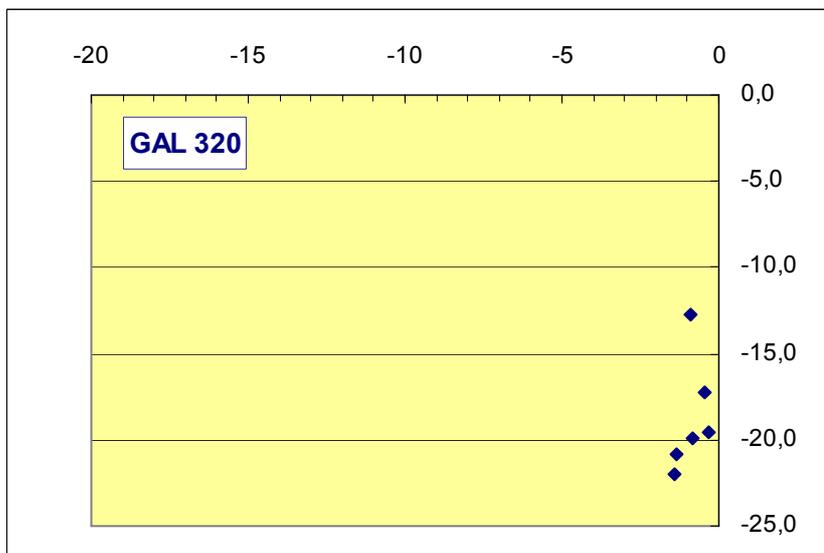


(continúa en la página siguiente)

BAL 2622				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
1996	174,971	13,060411	-13,010	1,145
1990	177,996	13,51245	-13,504	0,473
1988	178,339	13,465938	-13,460	0,390
1983	173,677	12,945466	-12,867	1,426
1982	174,889	11,561241	-11,515	1,030
1954	181,57	15,625873	-15,620	-0,428
1954	178,525	16,28524	-16,280	0,419

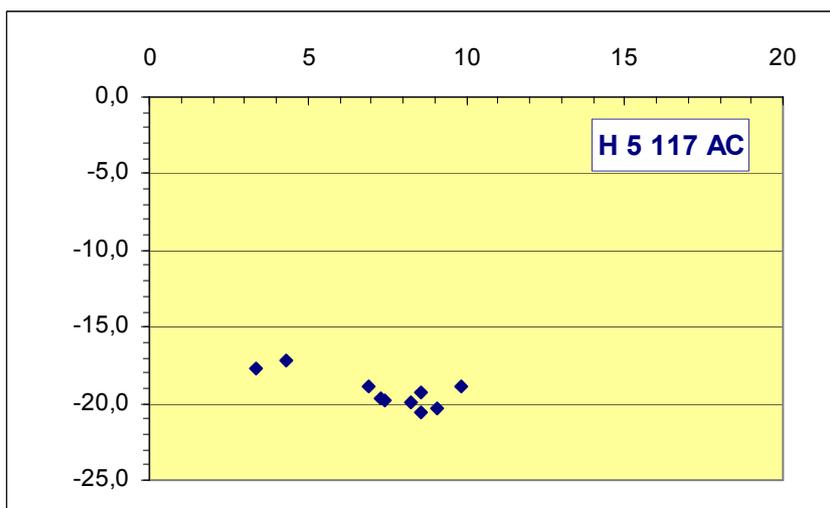


GAL 320				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>268,476</b>	<b>17,24</b>	<b>-0,459</b>	<b>-17,234</b>
1991	268,986	19,601373	-0,347	-19,598
1989	267,682	19,93538	-0,806	-19,919
1982	265,899	12,736638	-0,911	-12,704
1954	266,328	22,033049	-1,411	-21,988
1954	266,333	20,87906	-1,335	-20,836

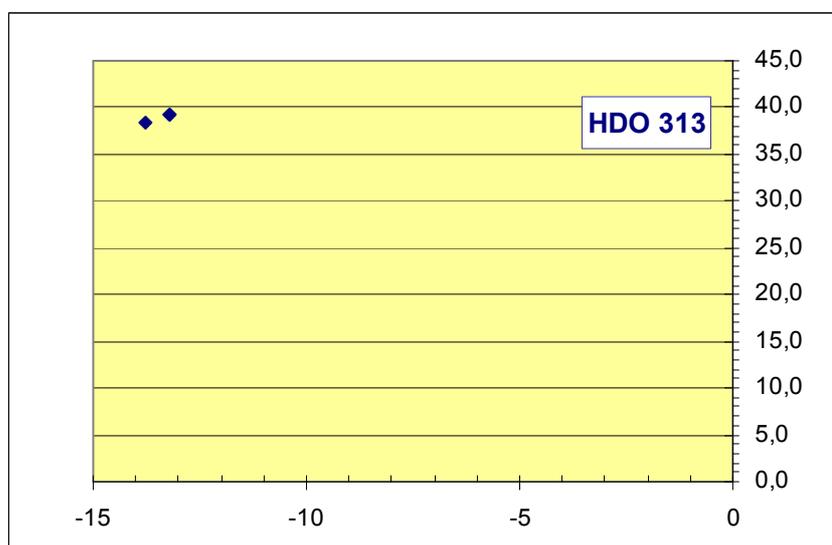


(continúa en la página siguiente)

H 5 117AC				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>297,57</b>	<b>21,27</b>	<b>9,844</b>	<b>-18,855</b>
1996	293,958	21,157581	8,591	-19,335
1993	294,121	22,221516	9,081	-20,281
1993	292,557	21,544411	8,264	-19,896
1989	292,623	22,251606	8,559	-20,539
1988	290,386	21,03036	7,326	-19,713
1986	290,542	21,188184	7,435	-19,841
1983	290,143	20,0702	6,911	-18,843
1954	280,862	18,02493	3,397	-17,702
1954	283,964	17,774384	4,289	-17,249

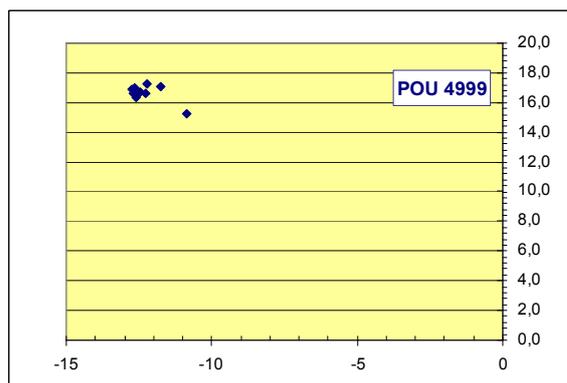


HDO 313				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
1992	109,74	40,762186	-13,768	38,367
1989	108,614	41,306273	-13,185	39,146
1987	108,657	41,32972	-13,221	39,158

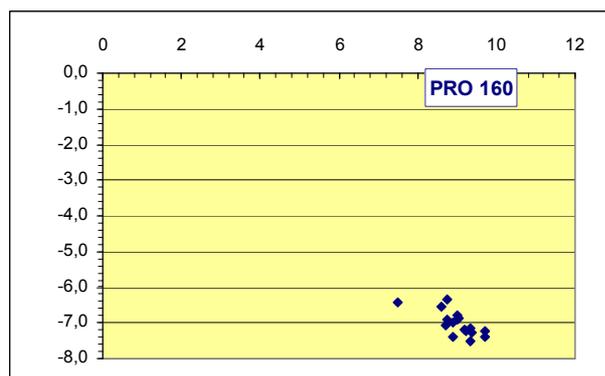


(continúa en la página siguiente)

POU 4999				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>125,4</b>	<b>18,72</b>	<b>-10,844</b>	<b>15,259</b>
1995	126,729	20,827513	-12,455	16,693
1994	126,941	21,185558	-12,732	16,933
1994	125,334	21,142229	-12,227	17,248
1993	126,65	21,195557	-12,652	17,005
1992	127,363	20,935078	-12,705	16,639
1990	126,949	20,956308	-12,597	16,748
1990	127,146	20,827715	-12,577	16,602
1989	126,997	20,801758	-12,518	16,614
1982	126,463	20,61267	-12,250	16,578
1954	124,537	20,76771	-11,774	17,108
1954	127,601	20,652682	-12,601	16,363

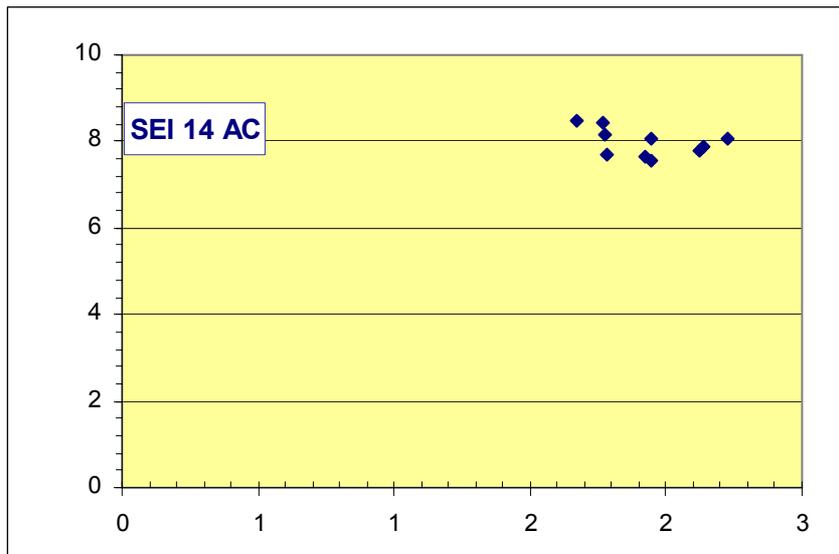


PRO 160				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>324</b>	<b>10,824</b>	<b>8,757</b>	<b>-6,362</b>
1997	321,065	11,987286	9,324	-7,533
1997	322,507	11,341088	8,998	-6,903
1996	322,135	11,858107	9,361	-7,279
1996	322,755	12,204133	9,715	-7,386
1992	321,996	11,658026	9,186	-7,178
1991	322,564	11,7564303	9,335	-7,146
1991	320,963	11,197769	8,698	-7,053
1991	321,857	11,736301	9,230	-7,249
1988	321,816	11,33934	8,913	-7,010
1987	323,0122	11,282016	9,012	-6,788
1987	322,703	11,35787	9,035	-6,882
1987	323,3	12,134175	9,729	-7,252
1980	320,2	11,576519	8,894	-7,410
1980	319,253	9,8714168	7,479	-6,443
1979	321,687	11,159995	8,757	-6,919
1958	322,697	10,805182	8,595	-6,548

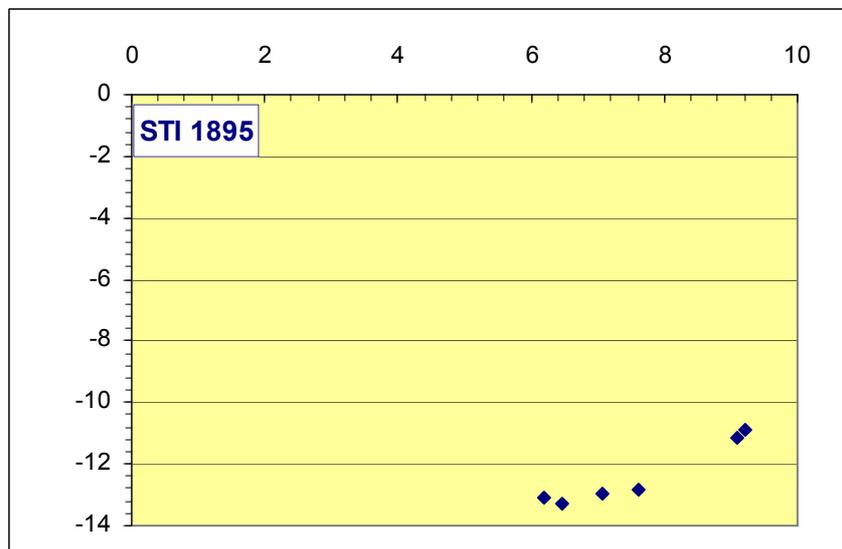


(continúa en la página siguiente)

SEI 14 AC				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
1995	76,986	7,9155215	1,782	7,712
1995	78,8167	8,6232891	1,672	8,460
1991	74,8532	8,1741623	2,136	7,890
1989	75,5735	7,8156684	1,947	7,569
1989	78,1603	8,6091188	1,766	8,426
1982	74,7783	8,083602	2,122	7,800
1982	75,8424	7,8756063	1,926	7,636
1952	77,7332	8,343413	1,773	8,153
1952	76,4197	8,2815758	1,945	8,050
1949	74,569	8,379198	2,230	8,077

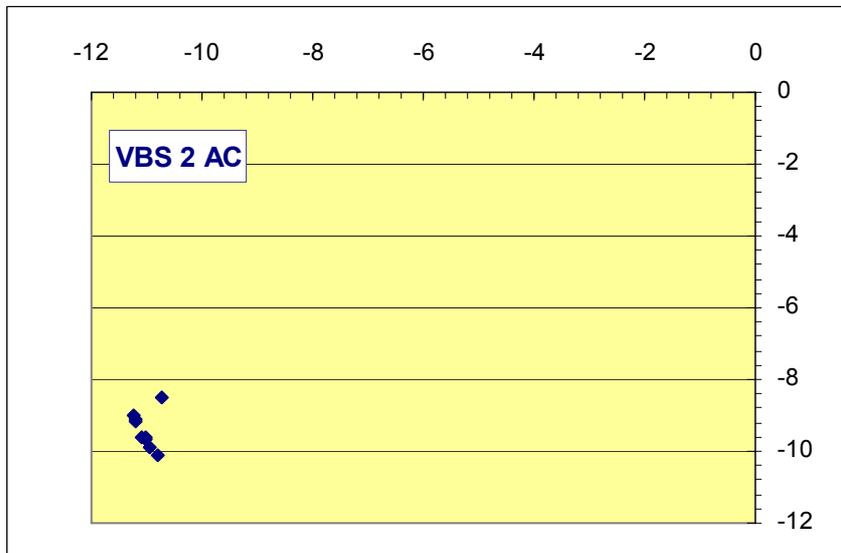


STI 1895				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
1994	295,932	14,791349	6,468	-13,302
1993	295,279	14,499964	6,192	-13,111
1989	298,636	14,761554	7,074	-12,956
1983	300,705	14,928448	7,623	-12,836
1952	310,179	14,291458	9,221	-10,919
1952	309,155	14,413912	9,101	-11,177



(continúa en la página siguiente)

VBS 2AC				
año	$\theta^\circ$	$\rho$ (sec de arco)	X	Y
<b>2010</b>	<b>218,35</b>	<b>13,7</b>	<b>-10,744</b>	<b>-8,500</b>
1995	222,06	14,738627	-10,943	-9,874
1995	220,879	14,669038	-11,091	-9,600
1990	218,694	14,390278	-11,232	-8,996
1989	221,24	14,645364	-11,013	-9,654
1989	223,052	14,771946	-10,794	-10,084
1983	219,215	14,473936	-11,214	-9,151
1954	219,117	14,43795	-11,202	-9,109
1954	221,17	14,620408	-11,006	-9,625



# Mediciones CCD de estrellas dobles desde el Observatorio Astronómico Camino de Palomares (OACP): 3ª serie

Edgardo Rubén Masa Martín

■ Sociedad Astronómica Syrma (Valladolid, España)

Coordinador Adjunto de la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA (Argentina)

Co-editor de “El Observador de Estrellas Dobles” (OED)

Coordinador del Proyecto SEDA-WDS

■ <http://duaestellae.blogspot.com> | correo-e: [ermasa.dsa@gmail.com](mailto:ermasa.dsa@gmail.com)

Continuando con la revisión del catálogo de Stein reportamos 175 medidas CCD para 151 pares STI observados en 2009. De entre ellas, 20 proceden de la astrometría de 2MASS. Mediante la consulta al catálogo UCAC3 (y en su defecto PPMXL/Tycho2) hemos actualizado los movimientos propios de los sistemas observados. Se reportan cinco pares no catalogados, cuatro de ellos son nuevas componentes para estrellas STI.

As a continuation of the review of Stein's catalog we report 175 CCD Theta/Rho measurements for 151 STI pairs observed in 2009. 20 measures come from 2MASS astrometry. We have updated the proper motions of the observed systems by means of the UCAC3 catalog (or PPMXL/Tycho2). Five uncatalogued pairs are reported, four of them are new components for STI stars.

## Introducción

EL LISTADO DE MEDIDAS CCD presentado en este trabajo es parte del programa observacional que estamos desarrollando en el Observatorio Astronómico Camino de Palomares (OACP). Como ya se ha indicado en artículos precedentes (Masa, 2009a; Masa, 2010b) el objetivo de estas observaciones es medir todas las estrellas dobles descubiertas por Stein sobre las placas fotográficas de la Zona Vaticana del Catálogo Astrográfico (ver Masa, 2009b; Masa, 2010a) para más detalles). La mayor parte de estas estrellas dobles han permanecido desatendidas desde principios del siglo pasado. En general, son pares débiles y poco vistosos, razones por las cuales no han fomentado el interés de los observadores.

Las imágenes CCD se registraron durante los meses de agosto y septiembre de 2009 (34 noches). Como en entregas anteriores, el instrumental empleado fue el siguiente: T200 Newton + Barlow 3x + CCD Meade DSI Pro; Distancia focal efectiva: 3480 mm; Escala de placa: 0,44 "/pixel; Campo: 3,6' x 4,8'. Para la reducción de las imágenes CCD se utilizó el software *Reduc* v3.88 de Florent Losse. En tres sistemas se realizó una reducción astrométrica clásica mediante el software *Astrometrica* en conjunción con el catálogo UCAC3 como fuente de estrellas de referencia.

Las medidas presentadas en esta tercera serie corresponden a 151 estrellas STI localizadas en las constelaciones de Cefeo (73) y Lacerta (78). Para todos los pares se solicitó al USNO (Observatorio Naval de los Estados Unidos) el archivo histórico de medidas.

STI2663, medida únicamente en 1917,89, no ha podido ser identificada en la posición indicada en WDS ni en las inmediaciones, por lo que su existencia sigue pendiente de confirmación. Hemos realizado varios *blinks* con imágenes antiguas para detectar algún rápido cambio de posición debido al movimiento propio, pero el campo estelar (13'x13') alrededor de la ubicación indicada en el catálogo permanece estable.

Por el contrario, de entre los pares observados, 14 han sido confirmados en este estudio. La gran mayoría de los restantes solo han sido medidos en dos ocasiones. En estos casos, la medida más moderna (época 1999/2000) proviene, generalmente, de la astrometría del proyecto 2MASS, y fueron añadidas al catálogo WDS por el equipo del USNO. El incorporar una tercera medida, diez años después, sirve para ratificar la tendencia del comportamiento de las componentes. Así, en varios sistemas, se han observado grandes variaciones tanto en ángulo como en distancia. Este hecho, cotejado con los movimientos propios, permite en primera instancia dilucidar la naturaleza (opticidad vs binariedad) de un par de estrellas dado. A priori, mediante este simple test, podemos estimar que un buen número de las parejas estudiadas son ópticas. A veces, los movimientos propios, asumiendo que son fiables, no parecen justificar estos cambios de posición. Existe la posibilidad de que la medida original fuera incorrecta o que se haya dado un fatal error de transcripción pero, de igual forma, una importante variación de Theta podría estar causada por un rápido movimiento orbital. Al no haber medidas suficientes no es trivial decantarse por una de las opciones, no siendo posible, por tanto, encarar estudios más profundos. La solución -a largo plazo- radica en realizar ob-

servaciones periódicamente para conseguir una noción clara acerca de la evolución dinámica de las componentes en el tiempo. En este sentido, proponemos hacer un seguimiento regular de 18 pares (incluidos los nuevos) en los que se aprecia dispersión en las medidas históricas, hay posibilidad de movimiento orbital por variación rápida del ángulo de posición o existan indicios de MPC. Estos sistemas son: STI2618, STI2631, STI2643, STI2648, STI2680, STI2684, STI2686, STI2689, STI2708, STI2738, STI2758, STI2765, STI2770, STI2802, MRI 5AC, MRI 7AC, MRI 8BC, MRI 9 y MRI 10BC.

Se han corregido las posiciones de 11 pares, pues las coordenadas que aparecen en WDS no se corresponden con las observadas. En general, estos errores de posición suelen ser frecuentes en los sistemas sin confirmar; al no haber sido observados, sus coordenadas no se han actualizado a lo largo del tiempo.

Mediante la evaluación de los movimientos propios (UCAC3, PPMXL, Tycho2) han sido detectados 39 pares (25,8% del total de los STI observados) de movimiento propio común (MPC) o con posibilidades de serlo, siempre dentro de los márgenes de error reportados por los catálogos consultados.

En nuestras imágenes sin filtrado fotométrico y para 24 sistemas STI, la componente secundaria es claramente más brillante que la estrella principal. Este efecto fue ampliamente comentado y discutido en un artículo anterior (Masa, 2010b). Salvo en dos de los casos, las mediciones del ángulo de posición se han dado siguiendo la tendencia histórica, es decir, respetando la inversión cuadrantes de las medidas de Stein.

Durante el proceso de reducción hemos encontrado y añadido cuatro nuevas componentes a otros tantos pares STI, así como un nuevo par independiente (ver la sección *Descubrimientos*).

Finalmente, como novedad, se ha incluido en esta serie un álbum con las imágenes de todas y cada una de las estrellas dobles observadas.

## Las medidas

Los resultados de las mediciones se presentan en la tabla 1. Se listan un total de 175 medidas para

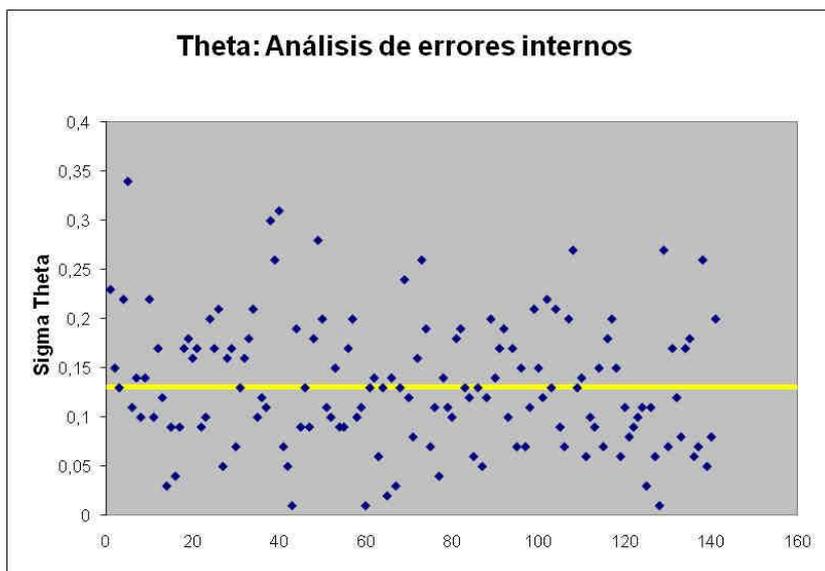


Figura 1. Error interno medio en ángulo de posición (0,13°).

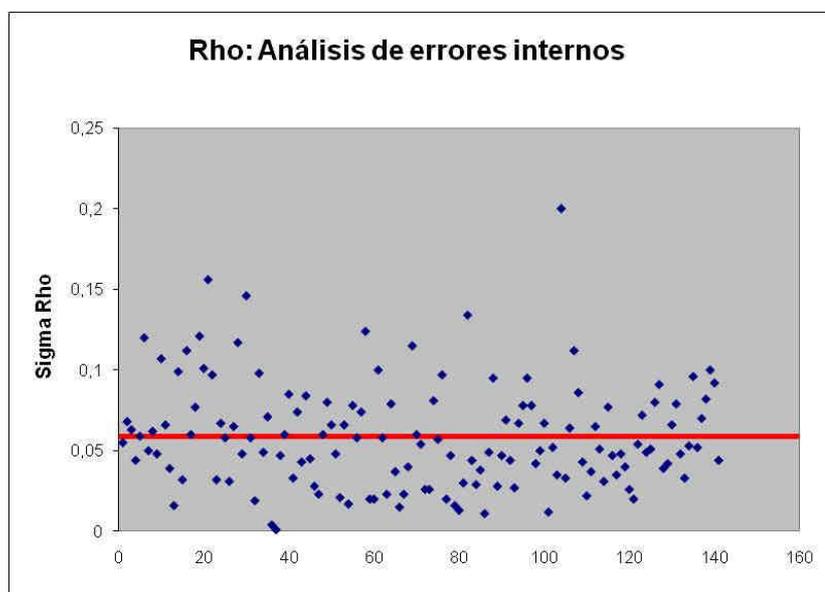


Figura 2. Error interno medio en separación angular (0,06").

151 estrellas dobles STI, más otros cinco nuevos pares descubiertos durante la reducción de las placas CCD. La estructura de datos en la tabla (de izquierda a derecha) es la siguiente:

- Columnas 1 y 2: identificador del catálogo WDS y el nombre del sistema. Nota: los nuevos pares se han etiquetado en la columna 1 como "NOcat". Las coordenadas precisas (J2000) para la estrella principal se especifican en la sección *Descubrimientos*.
- Columnas 3 y 4: las magnitudes de cada componente dadas en WDS. Nota: Las magnitudes visuales (V) que hemos calculado en este trabajo se denotan en caracteres *cursiva/negrita*.
- Columna 5: la época de la observación en fracción de año besseliano.
- Columna 6: ángulo de posición.
- Columna 7: separación angular.

- Columna 8: número de imágenes compuestas medidas por cada par.
- Columna 9: número de noches de observación para cada par.
- Columna 10: índice a la sección *Notas*.

Además de las medidas realizadas sobre nuestras propias imágenes, hemos incluido otras 20 adicionales procedentes de la astrometría del proyecto 2MASS. En estos casos, los pares STI involucrados aparecen en la tabla con una doble entrada y se indican con el epígrafe "2MASS" en la columna 10.

Las incertidumbres medias internas para Theta y Rho (dadas como la media de las desviaciones estándar de todas las medidas) fueron 0,13" y 0,06" respectivamente (figuras 1 y 2, página anterior). De nuevo, estos errores son similares a los valores determinados en otras campañas, hecho que demuestra la estabilidad y la repetibilidad de nuestro sistema óptico.

## Álbum fotográfico

En la tabla 2 se muestran las imágenes de los pares observados. Son recortes de 128x128 píxeles

procedentes de las imágenes FIT originales registradas en el OACP. Están listadas en el mismo orden en que se dan las medidas en la tabla 1. Creemos que poder visualizar cada pareja STI supondrá un mayor aporte documental. Salvo indicación expresa, todas las imágenes están orientadas con el Norte abajo y el Este a la derecha. En algunas imágenes se identifican las componentes con las respectivas letras siguiendo la norma habitual (A, B, C). Estas referencias se incluyen de acuerdo a los siguientes supuestos o situaciones:

- Las magnitudes de las componentes sean muy similares y exista ambigüedad en la identificación de la componente principal.
- Se observe inversión de cuadrantes, es decir, cuando en nuestras imágenes, tomadas sin filtro fotométrico, la componente B sea la más brillante del par.
- Cuando aparezcan varias estrellas en el campo de visión y no resulte inmediato identificar el par.
- Para indicar las nuevas componentes descubiertas en esta campaña (se escriben en color rojo).

Debajo de cada imagen se inserta un índice que apunta a las respectivas entradas de la lista de medidas (tabla 1) y al correspondiente comentario en la sección *Notas*.

**TABLA 1: ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS**

WDS ID.	DESCUBRIDOR	WDS MAGS.		ÉPOCA AÑO BESSELIANO	THETA (")	RHO (")	Nº IMG.	NOCHES	NOTAS
20303+6226	STI 985	12,30	12,30	2009,6459	167,09	7,642	4	1	1
22045+5711	STI2610	<b>12,99</b>	<b>11,55</b>	2009,6290	132,45	12,877	5	1	2
<b>NOcat</b> 22045+5711	<b>MRI 5AC</b>	<b>12,99</b>	<b>14,93</b>	2009,6290	337,76	6,313	4	1	2
				1999,7700	337,76	6,320	-	-	2MASS
22057+5708	STI2618	7,58	13,00	2009,6290	77,75	9,713	6	1	3
22097+5658	STI2627	11,70	11,70	2009,6263	143,13	3,067	4	1	4
22105+5525	STI2630	11,58	12,60	2009,6539	186,24	7,201	3	1	5
22106+5700	STI2631	10,70	11,30	2009,6238	351,71	4,206	4	1	6
22108+5530	STI2632	11,54	12,10	2009,6539	255,36	11,312	3	1	7
22123+5451	STI2638	12,01	12,90	2009,6592	302,12	14,528	5	1	8
22125+5656	STI2640	13,50	13,50	2009,6237	44,68	10,284	5	1	9
				2009,6538	78,85	6,436	4	1	10
22126+5531	STI2641	11,36	11,40	1999,7042	79,43	6,223	-	-	2MASS
22147+5529	STI2643	11,70	12,10	2009,6562	62,02	13,892	5	1	11
22130+5450	STI2644	12,70	12,70	2009,6591	72,65	8,669	3	1	12
22132+5707	STI2647	12,10	13,10	2009,6236	89,06	7,318	8	1	13
22134+5442	STI2648	11,95	12,99	2009,6590	230,85	4,434	3	1	14
				2009,6563	115,80	12,550	4	1	15
22136+5514	STI2649	10,94	10,90	1999,7042	116,49	12,284	-	-	2MASS
22136+5542	STI2650	10,14	11,60	2009,6537	108,58	11,705	3	1	16
				2009,6537	260,26	9,489	4	1	17
22138+5543	STI2652	9,80	12,50	1999,7042	259,94	9,749	-	-	2MASS
22139+5545	STI2653	10,89	12,26	2009,6537	85,70	11,532	3	1	18
				2009,6536	100,11	5,526	3	1	19
22141+5536	STI2654	11,86	11,90	1999,7042	100,34	5,295	-	-	2MASS
				2009,6564	145,40	4,510	4	1	20
22144+5510	STI2656	10,47	11,00	1999,7042	145,49	4,530	-	-	2MASS
22146+5519	STI2658	11,90	12,60	2009,6595	287,57	14,527	5	1	21
				2009,6535	147,07	14,837	8	1	22
22147+5529	STI2660	11,88	11,90	1999,7042	147,73	14,728	-	-	2MASS
22149+5708	STI2661	12,50	12,50	2009,6235	345,98	7,033	5	1	23

(viene de la página anterior)

WDS ID.	DESCUBRIDOR	WDS MAGS.		ÉPOCA AÑO BESSELIANO	THETA (°)	RHO (")	Nº IMG.	NOCHES	NOTAS
22151+5457	STI2662	11,59	11,60	2009,6566 1999,7042	26,82 25,61	4,645 4,798	6 -	1 -	24 2MASS
22152+5537	STI2663	No identificada en la posición indicada en WDS. Sin confirmar.							25
22154+5446	STI2666	11,68	12,06	2009,6589 1999,7042	231,21 231,76	5,093 5,321	2 -	1 -	26 2MASS
22157+5507	STI2667	12,58	13,60	2009,6565	43,05	15,454	4	1	27
22158+5519	STI2668	11,53	12,10	2009,6595	211,87	15,423	4	1	28
22160+5541	STI2670	10,66	11,10	2009,6507	57,92	10,189	3	1	29
22161+5544	STI2671	10,83	11,00	2009,6453	215,17	3,571	4	1	30
22161+5550	STI2672	12,10	13,10	2009,6482	340,13	6,105	3	1	31
22161+5453	STI2673	12,10	12,40	2009,6566	198,05	8,020	6	1	32
22164+5525	STI2674	13,10	13,10	2009,6596	141,80	4,495	3	1	33
22164+5454	STI2675	11,84	11,80	2009,6839	339,80	3,767	4	1	34
22170+5515	STI2677	13,10	13,10	2009,6512	76,18	10,862	3	1	35
22170+5526	STI2678	11,40	13,20	2009,6510 1999,7042	284,01 284,14	14,601 14,560	4 -	1 -	36 2MASS
22171+5521	STI2679AC-BD	12,10	12,90	2009,6510	307,39	13,892	4	1	37
22174+5555	STI2680	12,65	13,30	2009,6481	160,25	2,768	7	1	38
22177+5444	STI2681	12,50	12,50	2009,6841	104,59	7,811	3	1	39
22178+5431	STI2682	11,20	13,00	2009,6843	8,51	10,043	3	1	40
22177+5616	STI2683	<b>9,90</b>	<b>13,22</b>	2009,6345	125,34	7,721	5	1	41
<b>NOCat</b> 22177+5616	<b>MRI 7AC</b>	<b>9,90</b>	<b>14,14</b>	2009,6345 2000,4270	48,87 48,66	7,155 7,172	2 -	1 -	41 2MASS
22178+5550	STI2684	13,20	13,20	2009,6482	127,79	2,284	1	1	42
22178+5452	STI2685	12,56	12,60	2009,6840	61,38	8,446	3	1	43
22182+5523	STI2686	11,96	12,60	2009,6620	136,21	1,867	4	1	44
22185+5526	STI2687	10,08	12,80	2009,6608	139,54	11,911	9	2	45
22185+5525	STI2688	12,50	12,50	2009,6608 2000,7665	4,27 3,84	8,291 8,270	5 -	2 -	46 2MASS
22185+5527	STI2689	11,56	12,60	2009,6608	237,70	4,110	6	2	47
22187+5507	STI2690	10,80	12,60	2009,6814	254,86	12,042	5	1	48
22187+5521	STI2691	11,60	13,10	2009,6621	168,40	4,114	2	1	49
22191+5455	STI2693	13,10	13,10	2009,6842	63,42	9,249	2	1	50
22191+5618	STI2694	11,62	11,60	2009,6211 2000,7665	79,40 78,99	4,318 4,524	2 -	1 -	51 2MASS
22192+5603	STI2696	12,40	12,80	2009,6360	267,98	5,508	11	2	52
22192+5605	STI2697	12,10	13,10	2009,6347	354,27	7,792	4	1	53
22195+5522	STI2699	12,10	13,10	2009,6623	128,94	10,501	1	1	54
22197+5427	STI2700	11,85	12,20	2009,6674	64,29	10,896	5	1	55
22197+5444	STI2701	12,19	12,20	2009,6865	253,55	2,574	3	1	56
22199+5507	STI2702	13,10	13,10	2009,6815	7,04	3,580	3	1	57
22196+5857	STI2703	11,10	12,60	2009,6153	321,60	10,301	5	1	58
22199+5649	STI2704	12,70	12,80	2009,6293	73,53	12,030	5	1	59
22201+5436	STI2705	10,76	11,30	2009,6673	118,21	9,091	4	1	60
22200+5603	STI2706	12,50	13,10	2009,6373 2000,7665	80,14 80,52	13,911 13,684	4 -	1 -	61 2MASS

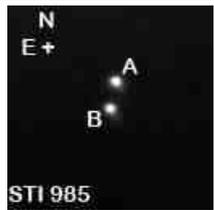
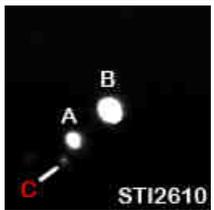
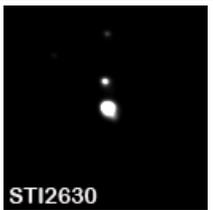
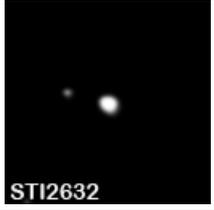
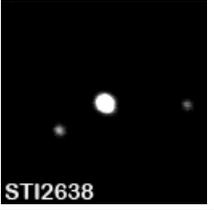
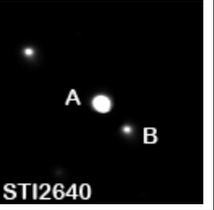
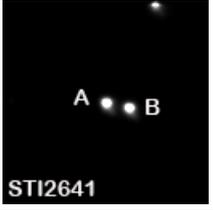
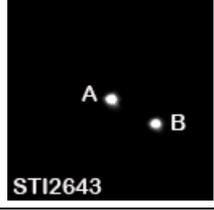
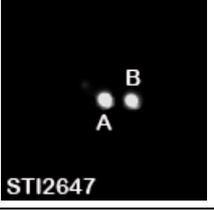
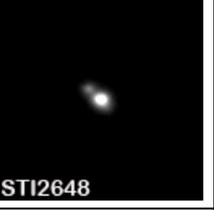
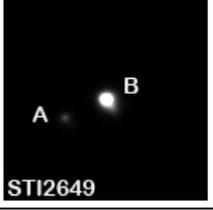
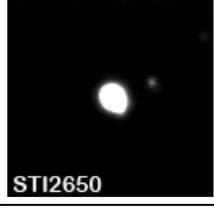
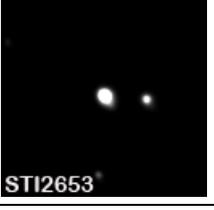
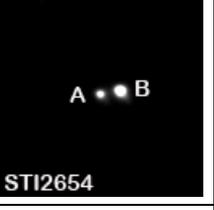
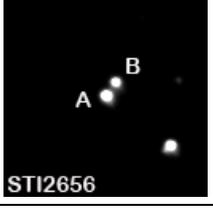
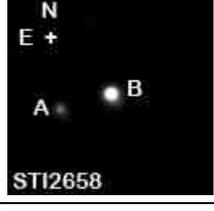
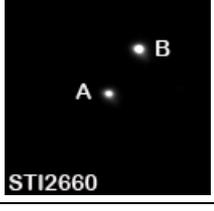
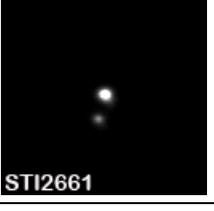
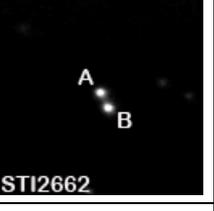
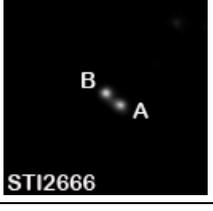
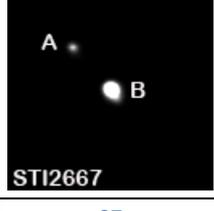
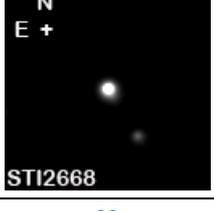
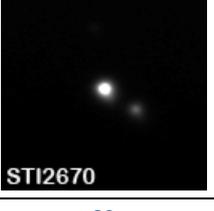
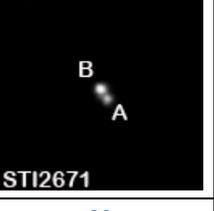
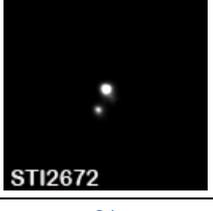
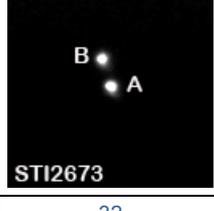
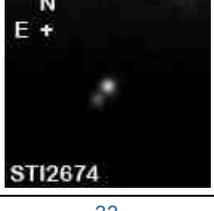
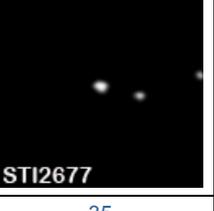
(viene de la página anterior)

WDS ID.	DESCUBRIDOR	WDS MAGS.	WDS MAGS.	ÉPOCA AÑO BESSELIANO	THETA (°)	RHO (")	Nº IMG.	NOCHES	NOTAS
22203+5607	STI2708	9,81	13,00	2009,6373	253,06	9,830	5	1	62
22205+5440	STI2709	12,50	12,50	2009,6672	91,141	6,524	1	1	63
22208+5452	STI2710	11,35	11,90	2009,6644	237,05	16,289	4	1	64
22208+5533	STI2712	12,10	12,50	2009,6867	274,68	7,934	4	1	65
22209+5621	STI2713AB	9,27	12,70	2009,6197	305,86	9,112	8	2	66
22209+5621	STI2713AC	9,27	12,90	2009,6197	172,82	11,892	5	2	66
22211+5633	STI2715	13,10	13,10	2009,6210	148,87	5,695	3	1	67
22214+5623	STI2717	13,10	13,10	2009,6208	64,08	6,029	5	1	68
22215+5551	STI2718	12,36	12,80	2009,6980	234,71	6,407	3	1	69
22215+5604	STI2719	12,50	13,10	2009,6374	1,92	6,523	4	1	70
				1999,8219	0,92	6,484	-	-	2MASS
22215+5836	STI2720	12,10	12,10	2009,6128	160,46	14,285	6	1	71
22219+5546	STI2721AB	10,83	13,90	2009,6981	300,05	7,639	4	1	72
22219+5546	STI2721AC	10,83	12,85	2009,6981	150,51	13,285	4	1	72
22220+5620	STI2722	10,67	13,10	2009,6182	71,19	14,342	6	1	73
22221+5528	STI2723	10,65	12,40	2009,6869	47,64	11,048	3	1	74
22221+5621	STI2724	12,50	13,10	2009,6182	153,59	5,582	3	1	75
22222+5620	STI2725	13,10	13,10	2009,6182	28,60	5,402	4	1	76
22222+5559	STI2726	13,00	13,20	2009,6375	76,04	12,364	6	1	77
22223+5613	STI2727	11,70	12,40	2009,6183	124,14	11,049	6	1	78
22224+5516	STI2728	12,50	13,10	2009,6975	36,99	14,434	6	1	79
22223+5657	STI2730	13,40	13,40	2009,6317	155,22	6,711	7	1	80
22224+5516	STI2731	13,10	13,10	2009,6979	48,93	7,603	4	1	81
22228+5458	STI2732	11,60	13,10	2009,6726	186,52	11,090	3	1	82
22229+5553	STI2733	11,80	12,60	2009,6979	246,12	8,413	6	1	83
22229+5552	STI2734	9,72	13,00	2009,6979	198,21	12,661	6	1	84
22228+5608	STI2735	11,60	13,10	2009,6183	208,81	14,150	4	1	85
22230+5624	STI2738	13,10	13,10	2009,6168	78,34	3,977	8	2	86
22231+5508	STI2739	11,20	12,80	2009,6727	155,80	9,231	4	1	87
22231+5617	STI2740	12,10	12,50	2009,6169	196,90	9,516	5	2	88
22236+5448	STI2742	12,50	13,10	2009,6699	300,00	14,220	4	1	89
22237+5546	STI2743	13,10	13,10	2009,6978	152,77	14,799	2	1	90
22237+5514	STI2744	12,10	12,50	2009,6729	206,31	15,307	4	1	91
22238+5440	STI2745AB	12,50	13,10	2009,6701	21,42	4,014	3	1	92
22238+5440	STI2745BC	13,10	14,42	2009,6701	282,53	14,198	4	1	92
22238+5442	STI2746	11,39	12,60	2009,6701	57,96	13,612	5	1	93
22239+5509	STI2747	9,92	13,00	2009,6728	336,73	11,877	5	1	94
22239+5547	STI2748	10,51	12,60	2009,6978	88,04	8,102	3	1	95
22241+5615	STI2751	12,10	13,10	2009,6169	58,95	7,591	7	2	96
22243+5608	STI2753	<b>11,31</b>	<b>13,89</b>	2009,6400	126,38	12,903	7	1	97
<b>NOcat</b> 22243+5608	<b>MRI 8BC</b>	<b>14,25</b>	<b>15,25</b>	2010,8749	30,20	1,957	-	1	97
22245+5559	STI2755	12,50	13,10	2009,6398	76,58	12,322	7	1	98
22245+5446	STI2757	13,10	13,10	2009,6700	358,44	5,761	3	1	99
22246+5436	STI2758	11,42	12,90	2009,6782	101,81	6,377	4	1	100
22247+5516	STI2759	12,50	13,10	2009,6755	43,48	11,669	3	1	101
22248+5518	STI2761	11,65	11,60	2009,6756	1,28	11,854	5	1	102
				1997,4560	1,39	11,747	-	-	2MASS
<b>NOcat</b>	<b>MRI 9</b>	<b>13,58</b>	<b>14,08</b>	2010,8960	350,50	1,931	-	1	103
22251+5612	STI2764	11,48	11,90	2009,6400	73,40	9,135	4	1	104
				2000,7610	73,10	9,027	-	-	2MASS
22252+5441	STI2765	13,10	13,10	2009,6784	142,88	3,427	2	1	105

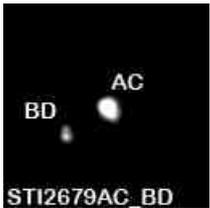
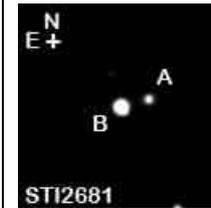
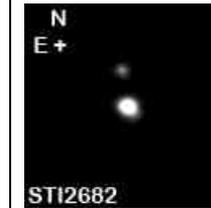
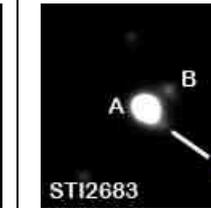
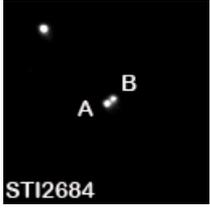
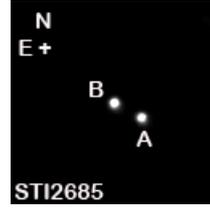
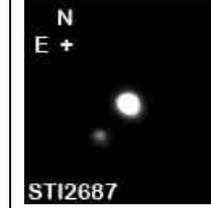
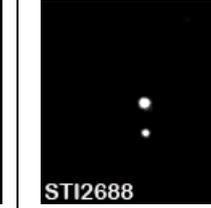
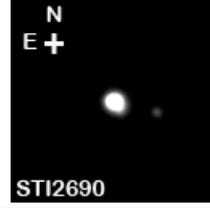
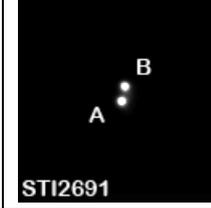
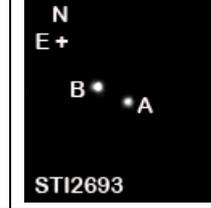
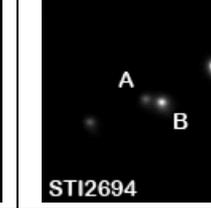
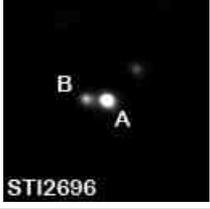
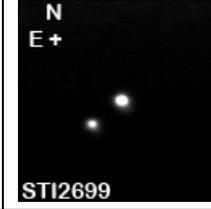
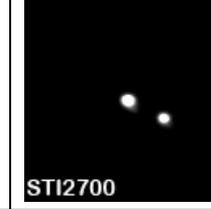
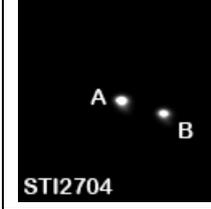
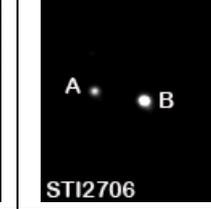
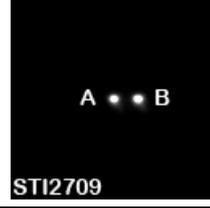
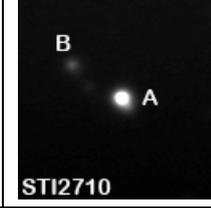
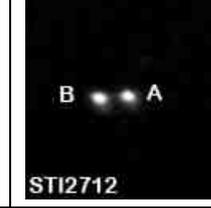
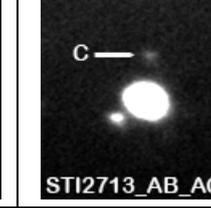
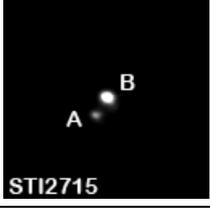
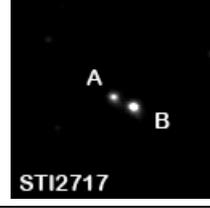
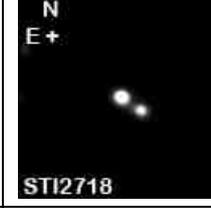
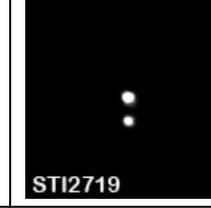
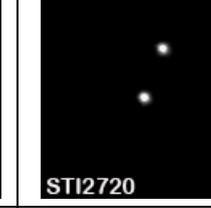
(viene de la página anterior)

WDS ID.	DESCUBRIDOR	WDS MAGS.	WDS MAGS.	ÉPOCA AÑO BESSELIANO	THETA (°)	RHO (")	Nº IMG.	NOCHES	NOTAS
22255+5436	STI2767	12,50	12,50	2009,6783	119,45	10,921	3	1	106
22254+5516	STI2768	<b>12,42</b>	<b>13,30</b>	2009,6757	192,26	13,709	4	1	106
<b>NOcat</b> 22254+5516	<b>MRI 10BC</b>	<b>13,30</b>	<b>14,78</b>	2009,6757	120,39	4,149	3	1	107
				2000,7610	120,36	4,323	-	-	2MASS
22254+5703	STI2769	11,65	12,40	2009,6320	303,04	9,865	5	1	108
				2000,7610	302,87	9,818	-	-	2MASS
22255+5516	STI2770	13,10	13,10	2009,6757	116,21	12,740	3	1	109
22255+5829	STI2771	12,10	12,10	2009,6126	171,29	10,941	4	1	110
22257+5515	STI2772	12,51	13,40	2009,6757	159,74	12,388	2	1	111
22259+5458	STI2773	13,10	13,10	2009,6809	179,83	13,863	4	1	112
22259+5519	STI2774	<b>13,75</b>	<b>16,51</b>	<b>1999,7367</b>	141,09	9,511	-	-	2MASS 113
22260+5503	STI2775	11,60	13,10	2009,6809	226,59	8,466	7	1	114
22264+5451	STI2776	13,10	13,10	2009,6785	45,61	12,254	4	1	115
22264+5714	STI2778	10,80	11,30	2009,6306	4,66	7,065	4	1	116
22269+5619	STI2779	11,60	12,10	2009,6401	323,86	15,275	5	1	117
22268+5740	STI2780	11,76	12,68	2009,6101	146,64	13,109	3	1	118
22270+5619	STI2781	12,10	12,50	2009,6401	160,51	9,441	4	1	119
22279+5627	STI2785	10,46	12,10	2009,6402	248,18	15,003	5	1	120
22279+5525	STI2787	12,36	13,40	2009,6812	298,00	9,831	4	1	121
22279+5738	STI2788	10,81	12,30	2009,6099	252,07	10,963	6	1	122
22280+5527	STI2789	11,26	12,70	2009,6812	139,65	14,057	2	1	123
22287+5720	STI2793	12,80	13,40	2009,6075	134,51	11,203	7	1	124
22292+5707	STI2797	13,40	13,40	2009,6020	77,02	12,071	5	1	125
22291+5744	STI2798	12,09	13,10	2009,6101	41,51	12,886	7	1	126
22292+5743	STI2799	11,50	12,10	2009,6101	337,50	14,096	5	1	127
22296+5512	STI2800	11,70	12,10	2009,6811	329,66	7,140	5	1	128
22299+5525	STI2801AB	10,53	12,10	2009,6811	5,52	6,731	4	1	128
22299+5525	STI2801BC	12,10	12,10	2009,6811	73,26	7,187	4	1	129
22302+5623	STI2802	11,70	12,00	2009,6403	329,48	4,039	4	1	130
22303+5752	STI2803	13,20	13,30	2009,5992	117,18	10,099	4	1	131
22308+5630	STI2805AC	10,20	13,00	2009,6427	199,45	17,847	6	1	132
22310+5750	STI2806	11,50	12,10	2009,5992	346,92	13,742	5	1	133
22313+5802	STI2807	11,10	11,50	2009,5991	45,50	10,221	4	1	134
22320+5810	STI2809	11,06	12,00	2009,5990	118,94	11,437	4	1	135
22322+5813	STI2811	11,50	11,50	2009,5951	52,69	10,013	6	2	136
22330+5653	STI2814	11,87	13,50	2009,6427	328,55	13,092	4	1	137
22330+5652	STI2815	10,91	12,40	2009,6427	296,49	7,413	4	1	138
22331+5719	STI2816	13,40	13,40	2009,6072	158,68	4,178	2	1	139
22331+5739	STI2817	11,50	12,10	2009,6018	344,28	12,706	6	1	140
22331+5752	STI2818	12,10	12,10	2009,6017	79,96	7,645	3	1	141
22331+5743	STI2819	11,94	13,40	2009,6018	266,19	11,839	4	1	142
22334+5630	STI2821	12,40	13,40	2009,6428	317,54	5,298	4	1	143
22341+5700	STI2823	12,13	13,60	2009,6430	92,22	11,855	4	1	144
22345+5717	STI2826	12,60	13,00	2009,6073	172,89	7,770	4	1	145
22348+5653	STI2828	11,31	12,40	2009,6455	353,97	12,864	6	1	146
22354+5700	STI2829	13,40	13,40	2009,6455	100,80	13,671	4	1	147
22358+5815	STI2830	10,60	12,10	2009,5910	306,18	12,016	4	1	148
22387+5710	STI2838	11,20	11,60	2009,6456	148,49	6,460	4	1	149

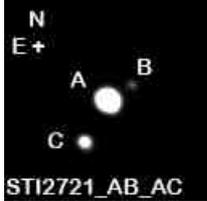
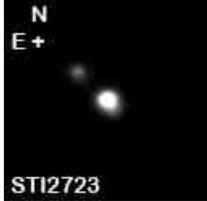
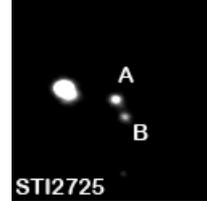
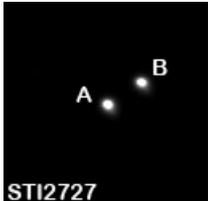
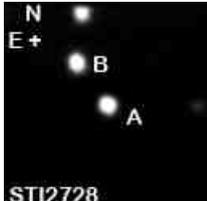
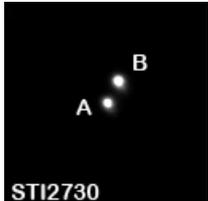
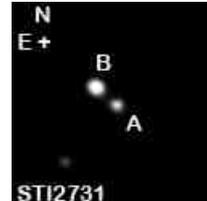
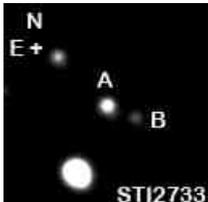
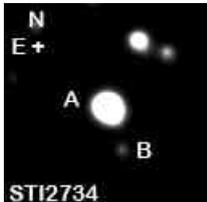
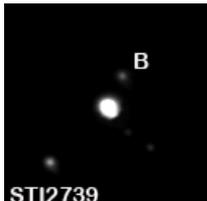
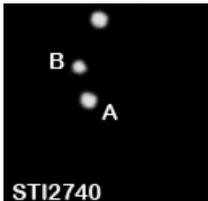
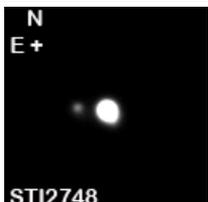
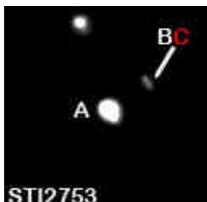
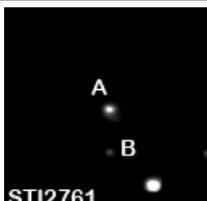
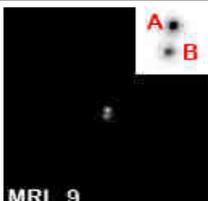
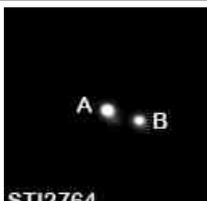
TABLA 2: ÁLBUM FOTOGRÁFICO DE LOS PARES OBSERVADOS EN ESTA CAMPAÑA

 STI 985	 STI 2610	 STI 2618	 STI 2627	 STI 2630
1	2	3	4	5
 STI 2631	 STI 2632	 STI 2638	 STI 2640	 STI 2641
6	7	8	9	10
 STI 2643	 STI 2644	 STI 2647	 STI 2648	 STI 2649
11	12	13	14	15
 STI 2650	 STI 2652	 STI 2653	 STI 2654	 STI 2656
16	17	18	19	20
 STI 2658	 STI 2660	 STI 2661	 STI 2662	 STI 2666
21	22	23	24	26
 STI 2667	 STI 2668	 STI 2670	 STI 2671	 STI 2672
27	28	29	30	31
 STI 2673	 STI 2674	 STI 2675	 STI 2677	 STI 2678
32	33	34	35	36

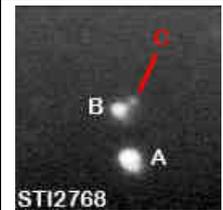
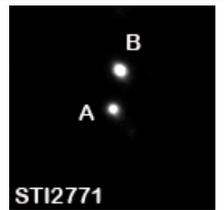
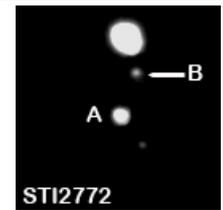
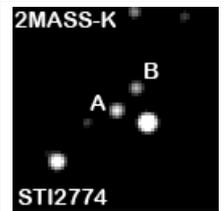
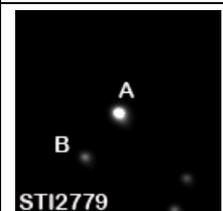
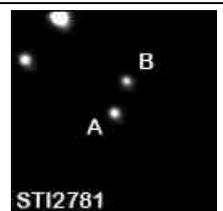
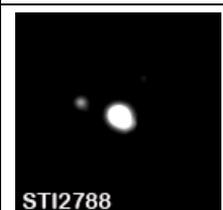
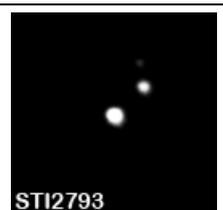
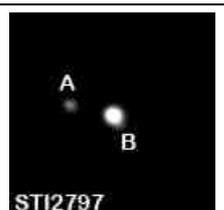
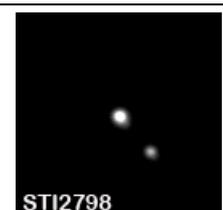
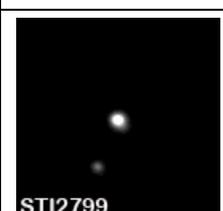
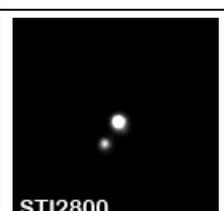
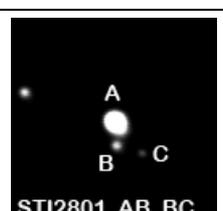
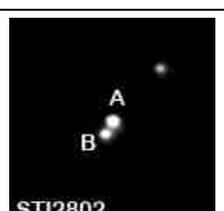
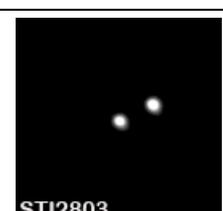
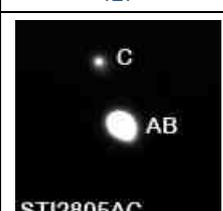
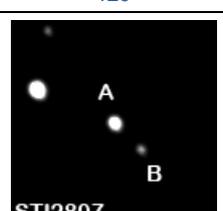
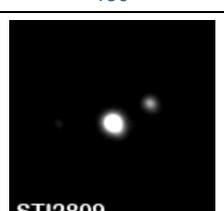
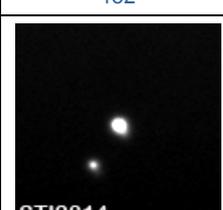
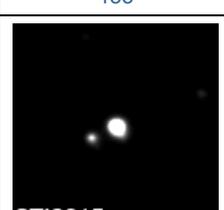
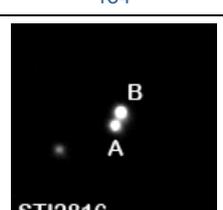
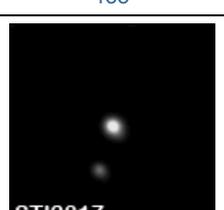
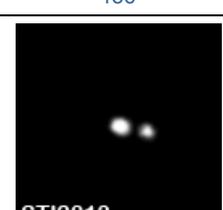
(viene de la página anterior)

 STI2679AC BD	 STI2680	 STI2681	 STI2682	 STI2683
37	38	39	40	41
 STI2684	 STI2685	 STI2686	 STI2687	 STI2688
42	43	44	45	46
 STI2689	 STI2690	 STI2691	 STI2693	 STI2694
47	48	49	50	51
 STI2696	 STI2697	 STI2699	 STI2700	 STI2701
52	53	54	55	56
 STI2702	 STI2703	 STI2704	 STI2705	 STI2706
57	58	59	60	61
 STI2708	 STI2709	 STI2710	 STI2712	 STI2713_AB_AC
62	63	64	65	66
 STI2715	 STI2717	 STI2718	 STI2719	 STI2720
67	68	69	70	71

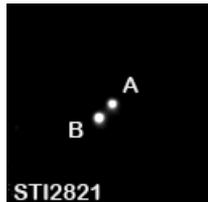
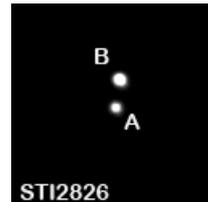
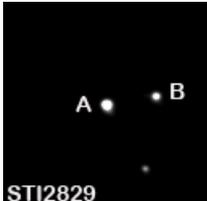
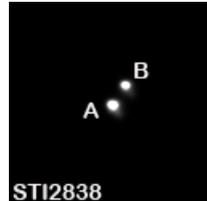
(viene de la página anterior)

 <p>72</p>	 <p>73</p>	 <p>74</p>	 <p>75</p>	 <p>76</p>
 <p>77</p>	 <p>78</p>	 <p>79</p>	 <p>80</p>	 <p>81</p>
 <p>82</p>	 <p>83</p>	 <p>84</p>	 <p>85</p>	 <p>86</p>
 <p>87</p>	 <p>88</p>	 <p>89</p>	 <p>90</p>	 <p>91</p>
 <p>92</p>	 <p>93</p>	 <p>94</p>	 <p>95</p>	 <p>96</p>
 <p>97</p>	 <p>98</p>	 <p>99</p>	 <p>100</p>	 <p>101</p>
 <p>102</p>	 <p>103</p>	 <p>104</p>	 <p>105</p>	 <p>106</p>

(viene de la página anterior)

 STI2768	 STI2769	 STI2770	 STI2771	 STI2772
107	108	109	110	111
 STI2773	 STI2774	 STI2775	 STI2776	 STI2778
112	113	114	115	116
 STI2779	 STI2780	 STI2781	 STI2785	 STI2787
117	118	119	120	121
 STI2788	 STI2789	 STI2793	 STI2797	 STI2798
122	123	124	125	126
 STI2799	 STI2800	 STI2801_AB_BC	 STI2802	 STI2803
127	128	129	130	131
 STI2805AC	 STI2806	 STI2807	 STI2809	 STI2811
132	133	134	135	136
 STI2814	 STI2815	 STI2816	 STI2817	 STI2818
137	138	139	140	141

(viene de la página anterior)

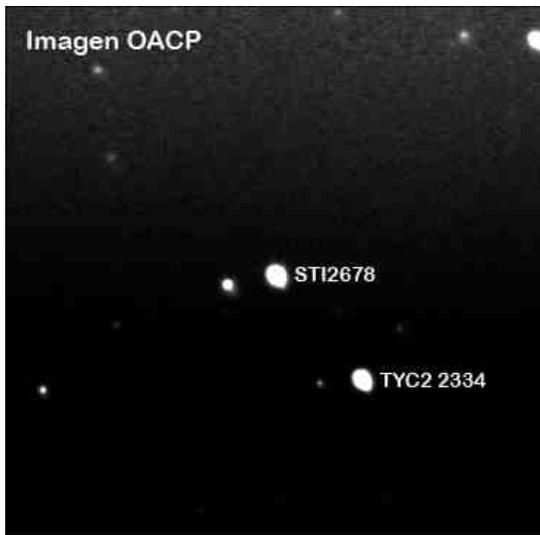
 STI2819	 STI2821	 STI2823	 STI2826	 STI2828
142	143	144	145	146
 STI2829	 STI2830	 STI2838		
147	148	149		

## Notas

- STI 985. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye rápidamente. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
- STI2610. En Cep. Tres medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Theta aumenta. Rho disminuye lentamente. Movimientos propios incompatibles. MRI 5AC. Tercera componente para STI2610. La nueva compañera C, cercana a la principal, parece compartir movimiento propio con ella. Otra medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,77; Theta = 337,762°; Rho = 6,320") confirma el carácter fijo del par. Ver *Descubrimientos*.
- STI2618. En Cep. Cinco medidas oficiales. MPC no detectado hasta esta observación. Sin embargo, se acusa mucha dispersión en las medidas históricas, principalmente en ángulo. La razón es, quizás, la gran diferencia de magnitud entre las componentes. Nuestra diferencia de magnitud instrumental (en adelante Delta-m) es 4,63. Sería recomendable hacer un seguimiento de este sistema con regularidad.
- STI2627. En Cep. Tres medidas oficiales. Theta aumenta. Rho relativamente estable. Los movimientos propios divergen aunque parecen ser poco precisos.
- STI2630. En Cep. En NGC 7228. Tres medidas oficiales. Theta ha disminuido 10° desde 1917. Rho ha disminuido 3,4" desde la misma fecha. Estos cambios se deben al movimiento propio de la principal. Óptica.
- STI2631. En Cep. Siete medidas oficiales. Se acusa dispersión en los parámetros al revisar las medidas históricas, no marcándose una tendencia clara. Los movimientos propios son paralelos pero de diferente magnitud. Sería aconsejable supervisar el sistema en el futuro.
- STI2632. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta y Rho decrecen lentamente. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
- STI2638. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta relativamente estable. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
- STI2640. En Cep. Cuatro medidas oficiales. Theta aumenta. Rho disminuye lentamente. Los movimientos propios son incompatibles, aunque parecen de poca precisión.
- STI2641. En Cep. Tres medidas oficiales, todas antiguas. Confirmado. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-1998. Posición actual (J2000): 22 12 37,534 +55 30 37,94. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 79,432°; Rho = 6,223". Theta disminuye y Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
- STI2643. En Lac. Tres medidas oficiales. Theta y Rho relativamente estables. Los movimientos propios son similares dentro de los márgenes de error. Aconsejable realizar observaciones periódicas.
- STI2644. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho estable, prácticamente fijo. Los movimientos propios de PPMXL son muy similares y muestran que el par viaja casi en trayectorias paralelas. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante.
- STI2647. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye despacio. Rho aumenta.
- STI2648. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta ha aumentado 15° desde 1917,81. Rho relativamente estable. UCAC3 y PPMXL dan movimientos propios similares y bastante altos para la primaria, los cuales no reflejan en absoluto la situación de Rho. Un *blink* con placas DSS antiguas tampoco muestra un desplazamiento alto de la estrella principal; más bien al contrario, la pareja está unida. Parece más coherente el movimiento propio listado en Tycho2 para A y que explicaría el desplazamiento en ángulo. Otra posible opción es que el sistema fuera orbital. Sería aconsejable hacer seguimiento de este sistema en el futuro.

15. STI2649. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye (6,5° desde 1917). Rho aumenta a buen ritmo. En ambos casos las variaciones se deben al movimiento propio relativamente alto de A. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 116,488°; Rho = 12,284". En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante (Delta-m = 2,13).
16. STI2650. En Cep. Dos medidas oficiales. Gran diferencia de magnitud (4,18). Theta disminuye. Rho relativamente estable. Movimientos propios incompatibles (PPMXL).
17. STI2652. En Cep. Dos medidas oficiales antiguas (1917). Confirmado. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 259,943°; Rho = 9,749". Theta aumenta. Rho disminuye rápidamente (6,4" desde 1917). Movimientos propios incompatibles. Óptica.
18. STI2653. En Cep. Cuatro medidas oficiales. El par se mantiene estable. Parecen más coherentes los movimientos propios de PPMXL que, dentro de los márgenes de error, indican un probable par MPC.
19. STI2654. En Lac. Dos medidas oficiales, ambas antiguas (1917). Confirmado. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-1233. Posición actual (J2000): 22 14 02,083 +55 35 47,61. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 100,339°; Rho = 5,295". Theta disminuye. Rho relativamente estable. Los movimientos propios tienden a cruzarse. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante.
20. STI2656. En Lac. Dos medidas oficiales antiguas (1917). Confirmado. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-406. Posición actual (J2000) = 22 14 20,942 +55 09 57,01. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 145,493°; Rho = 4,530". Theta parece disminuir aunque hay dispersión en las medidas históricas. Rho permanece estable. Los movimientos propios son incompatibles pero no parecen ser muy precisos.
21. STI2658. En Lac. Tres medidas oficiales. Theta y Rho aumentan lentamente. Los vectores de movimiento propio apuntan a direcciones similares aunque con distinto módulo. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante.
22. STI2660. En Lac. Dos medidas oficiales, ambas antiguas (1898/1917). Confirmado. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 147,725°; Rho = 14,728". Theta disminuye. Rho aumenta. Los movimientos propios son incompatibles. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante.
23. STI2661. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta aumenta a buen ritmo. Rho aumenta lentamente. Movimientos propios incompatibles y de sentido opuesto. Óptica.
24. STI2662. En Lac. Dos medidas oficiales. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-2089. Posición actual (J2000): 22 15 04,262 +54 56 47,82. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 25,605°; Rho = 4,798". Gran dispersión en Theta en las medidas históricas, aunque con tendencia a decrecer. Rho estable. Movimientos propios incompatibles y parece que poco fiables.
25. STI2663. En Lac. Una medida oficial. Sin confirmar. No identificada en la posición indicada en WDS ni en las inmediaciones.
26. STI2666. En Lac. Dos medidas oficiales. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-2430. Posición actual (J2000): 22 15 23,878 +54 45 49,99. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042): Theta = 231,755°; Rho = 5,321". Se observa dispersión en las medidas de Theta. Rho aumenta. Los vectores de movimiento propio apuntan en el mismo sentido pero con módulos diferentes.
27. STI2667. En Lac. Tres medidas oficiales. Dispersión en Theta en las medidas históricas. Rho aumenta. Movimientos propios similares en dirección pero no en módulo. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante (Delta-m = 1,5).
28. STI2668. En Lac. Cinco medidas oficiales. Theta relativamente estable. Rho aumenta. Los movimientos propios son incompatibles y exactamente opuestos. Óptica.
29. STI2670. En Cep. Cuatro medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Las componentes viajan en la misma dirección, aunque la secundaria lo hace a la mitad de velocidad.
30. STI2671. En Cep. Dos medidas oficiales (ambas en 1917). Confirmado. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Total dispersión en ángulo y distancia en las medidas históricas. Se alejan a buen ritmo. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
31. STI2672. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta aumenta con rapidez. Rho aumenta más despacio. Movimientos propios incompatibles.
32. STI2673. En Lac. Cuatro medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
33. STI2674. En Lac. Tres medidas oficiales. Theta se mantiene estable. Rho aumenta. Los movimientos propios son incompatibles y exactamente opuestos. Óptica.
34. STI2675. En Lac. Dos medidas oficiales. La componente B es claramente mucho más brillante. Como excepción se da la medida de acuerdo a lo observado ya que la medición más reciente de 2008,75 así lo hace. Se observa gran variación en Theta en sentido creciente (unos 12°) desde 1917. Rho disminuye de manera apreciable. Los movimientos propios de UCAC3 tienen grandes incertidumbres.
35. STI2677. En Lac. Tres medidas oficiales. Theta disminuye con rapidez. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
36. STI2678. En Lac. Tres medidas oficiales. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-2334. Posición actual (J2000) = 22 16 59,408 +55 25 23,46. La medida de 2MASS de 1999 y el movi-

miento propio asignado para la principal (162;-0,31) en WDS son erróneos, pues se refieren a TYC2-2334. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,7042) para la posición correcta:  $\Theta = 284,142^\circ$ ;  $\text{Rho} = 14,56''$ . El sistema permanece fijo desde entonces. Ver figura 3.



**Figura 3.** Ejemplo de identificación incorrecta en WDS, donde la estrella principal de STI2678 ha sido confundida con la estrella TYC2 2334.

37. STI2679AC-BD. En Lac. Cuatro medidas oficiales. Es una doble-doble: cada una de las componentes es un par cerrado. Recientemente anunciado este año por F. Smith en JDSO. Con anterioridad a la fecha de su publicación nuestras observaciones ya denotaron que la componente B era doble (ver *Astronomía*, n° 127, pág. 64, enero 2010). Sin embargo, no se pudo desdoblar la componente A por diferencia de magnitud. Las dos parejas se separan y el ángulo de posición disminuye muy lentamente. Los movimientos propios de UCAC3 parecen ser conjuntos para cada pareja, por lo que no se listan en este trabajo.
38. STI2680. En Cep. Dos medidas oficiales.  $\Theta$  disminuye rápidamente ( $13^\circ$  desde 1917,89).  $\text{Rho}$  relativamente estable con tendencia a decrecer. Los movimientos propios son incompatibles, aunque parecen tener grandes errores. ¿Orbital? Recomendable su seguimiento y observación periódica.
39. STI2681. En Lac. Cuatro medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es claramente mucho más brillante. Se alejan y  $\Theta$  disminuye rápidamente. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
40. STI2682. En Lac. Dos medidas oficiales. Estable desde 2000.  $\Theta$  crece lentamente.  $\text{Rho}$  disminuye despacio.
41. STI2683. En Cep. Tres medidas oficiales.  $\Theta$  y  $\text{Rho}$  disminuyen. Movimientos propios incompatibles. Hay una débil tercera componente. MRI7 AC. Nueva componente C. Difícil por diferencia de magnitud y poca señal. No hay movimiento propio para la tercera componente pero no se aprecia movimiento relativo entre placas antiguas y modernas. Se incluye una medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 2000,4270):  $\Theta = 48,658^\circ$ ;  $\text{Rho} = 7,172''$ ). En las imágenes de 2MASS la componente C es más brillante que la B. Ver *Descubrimientos*.
42. STI2684. En Cep. Dos medidas oficiales. Difícil. Medición con Surface. Nuestra medida en ángulo coincide con la de Stein. La medida de 1996,83 por Heintz ( $134,2^\circ$ ) parece ser errónea. En cambio  $\text{Rho}$  permanece estable desde la medida de Heintz. Los movimientos propios de UCAC3 apuntan en la misma dirección aunque con distintos módulos. Conveniente hacer un seguimiento de este sistema.
43. STI2685. En Lac. Dos medidas oficiales. Relativamente fijo. Movimientos propios similares dentro de los márgenes de error. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-3290. Posición actual (J2000): 22 17 52,35 +54 51 47,3
44. STI2686. En Lac. Dos medidas oficiales. Difícil: muy cerrada, pero resuelta, casi tocándose.  $\Theta$  ha aumentado  $42,41^\circ$  desde 1917,89 hasta nuestra medida en 2009,662. La distancia se ha reducido a la mitad si comparamos nuestra medida con la original. Hay otra medida intermedia realizada en 2008 pero parece que la distancia está muy infravalorada. UCAC3 solo lista movimiento propio para la primaria, aunque podría ser conjunto. En cualquier caso el movimiento propio no parece justificar la gran variación en ángulo. El par parece moverse en bloque según corrobora un *blink* con imágenes DSS antiguas y es muy probable que exista relación física entre las componentes. Recomendable su observación periódica con más abertura para confirmar el rápido incremento en  $\Theta$ .
45. STI2687. En Lac. Cinco medidas oficiales.  $\Theta$  y  $\text{Rho}$  aumentan. Los movimientos propios son incompatibles.
46. STI2688. En Lac. Tres medidas oficiales. Posición incorrecta en WDS. Posición actual (J2000): 22 18 31,260 +55 24 38,31. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 2000,7665):  $\Theta = 3,840^\circ$ ;  $\text{Rho} = 8,270''$ .  $\Theta$  aumenta lentamente.  $\text{Rho}$  disminuye lentamente. Los movimientos propios son muy similares.
47. STI2689. En Lac. Una medida oficial (1917,83). Confirmado. Difícil por Delta-m. Medida con Surface. Nuestra medida puede tener cierta incertidumbre.  $\Theta$  ha aumentado  $22,4^\circ$  desde el descubrimiento y la distancia se mantiene fija. UCAC3 solo da movimiento propio para la primaria, aunque puede ser conjunto. Usando composición de imágenes con placas antiguas DSS parece que el par se mueve en bloque. ¿Orbital? Conveniente realizar observaciones periódicas.
48. STI2690. En Lac. Tres medidas oficiales.  $\Theta$  Disminuye.  $\text{Rho}$  rápido aumento por alto movimiento propio de A. Movimientos propios incompatibles. Óptica.

49. STI2691. En Lac. Cuatro medidas oficiales. Theta disminuye con rapidez. Rho disminuye lentamente. Movimientos propios incompatibles. La reducción se hizo con Astrometrica + UCAC3 porque se desconocía el valor de la orientación de la cámara.
50. STI2693. En Lac. Dos medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es ligeramente más brillante. Relativamente fijo. MPC según PPMXL.
51. STI2694. En Cep. Dos medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Theta aumenta. Rho disminuye. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 2000,7665):  $\Theta = 78,99^\circ$ ;  $\rho = 4,524''$ .
52. STI2696. En Cep. Cuatro medidas oficiales. Theta aumenta. Rho relativamente estable. Los movimientos propios son similares aunque para B los errores son altos.
53. STI2697. En Cep. Tres medidas oficiales. Theta aumenta. Rho relativamente estable. Los movimientos propios son incompatibles.
54. STI2699. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye lentamente. Rho relativamente estable. Movimientos propios incompatibles. La reducción se hizo con Astrometrica + UCAC3 porque se desconocía el valor la orientación la cámara.
55. STI2700. En Lac. Cuatro medidas oficiales. Dispersión en las medidas históricas. Estable desde 2000,77. Los movimientos propios son muy similares.
56. STI2701. En Lac. Solo una medida oficial en 1917,89. Confirmado. Difícil. Seeing pobre en la observación. Medición realizada con Surface sobre imagen apilada de otras cuatro imágenes compuestas. En nuestras imágenes sin filtrar la componente B es más brillante. Nuestro Delta-m instrumental es 1,52. Como excepción damos la medida de Theta corrigiendo la inversión de cuadrantes (BA). El sistema permanece prácticamente fijo en ángulo con un ligero acercamiento en distancia. El movimiento propio (PPMXL) es probablemente conjunto para las dos componentes. 2MASS no resuelve la pareja.
57. STI2702. En Lac. Dos medidas oficiales. Movimientos propios inciertos o confusos. Theta aumenta. Rho relativamente fijo.
58. STI2703. En Cep. Tres medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen lentamente. Según PPMXL es un par de MPC.
59. STI2704. En Cep. Cuatro medidas oficiales. Dispersión en Theta en las medidas históricas. Rho relativamente fijo. Movimientos propios incompatibles.
60. STI2705. En Lac. Cuatro medidas oficiales. Theta aumenta. Rho disminuye. Movimientos propios incompatibles.
61. STI2706. En Cep. Cuatro medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Theta disminuye. Rho relativamente estable. Los movimientos propios son incompatibles aunque contienen grandes errores. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 2000,7665):  $\Theta = 80,518^\circ$ ;  $\rho = 13,684''$ .
62. STI2708. En Cep. Cinco medidas oficiales. El par se mantiene relativamente estable. Aunque los movimientos propios son diferentes pueden ser imprecisos (incluso UCAC3 da doble entrada para la principal). Recomendable seguir este sistema en el futuro.
63. STI2709. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Movimientos propios en la misma dirección pero a distinta velocidad. La reducción se hizo con Astrometrica + UCAC3 porque se desconocía el valor de la orientación de la cámara.
64. STI2710. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta y Rho aumentan. Movimientos propios incompatibles. Hay una tercera estrella entre las dos componentes.
65. STI2712. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye rápidamente ( $6^\circ$  en 91,80 años). Rho estable. Movimientos propios incompatibles.
66. STI2713AB. En Cep. Tres medidas oficiales. Theta aumenta. Rho disminuye. Los movimientos propios son incompatibles. STI2713AC. Dos medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen lentamente. Los movimientos propios son incompatibles.
67. STI2715. En Cep. Dos medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Theta y Rho disminuyen lentamente. Mucha dispersión en los movimientos propios en las fuentes consultadas: no se incluyen.
68. STI2717. En Cep. Dos medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Theta disminuye y Rho aumenta. Los movimientos propios son incompatibles.
69. STI2718. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye rápidamente. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
70. STI2719. En Cep. Una medida oficial (1917,89). Confirmado. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-776. Posición actual (J2000): 22 21 32,291 +56 03 58,02. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1999,8219):  $\Theta = 0,924^\circ$ ;  $\rho = 6,484''$ . El par se mantiene bastante estable, sobre todo en distancia. Los movimientos propios son similares dentro de los márgenes de error. Para la principal proceden de UCAC3 y para secundaria de PPMXL.
71. STI2720. En Cep. Diez medidas oficiales. Theta aumenta rápidamente. Rho muy ligero incremento. Movimientos propios incompatibles y relativamente altos.
72. STI2721AB. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen suavemente. STI2721AC. Cinco medidas oficiales. Ligera dispersión en las medidas de Theta en el archivo histórico pero con tendencia a disminuir. Rho disminuye lentamente.
73. STI2722. En Cep. Once medidas oficiales. El par se mantiene relativamente estable. Los movimientos propios son similares.

74. STI2723. En Lac. Cinco medidas oficiales. Hay dispersión en las medidas históricas. Parece estable desde la medida de 2MASS en 2000,46. Los movimientos propios son incompatibles.
75. STI2724. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen. Los movimientos propios son similares pero parecen poco fiables.
76. STI2725. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta ha aumentado más de  $10^\circ$  desde 1917. Rho aumenta. Los movimientos propios se cruzan.
77. STI2726. En Cep. Dos medidas oficiales. El par se mantiene relativamente estable. Los movimientos propios son similares dentro los márgenes de error.
78. STI2727. En Cep. Cuatro medidas oficiales. Theta disminuye lentamente. Rho relativamente estable. Movimientos propios similares (PPMXL) dentro de los márgenes de error. Posible MPC.
79. STI2728. En Lac. Diez medidas oficiales. Los parámetros se mantienen relativamente fijos. Los movimientos propios según PPMXL son similares dentro de los márgenes de error.
80. STI2730. En Cep. Tres medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es ligeramente más brillante. Theta y Rho disminuyen rápidamente. Los movimientos propios tienden a cruzarse.
81. STI2731. En Cep. Dos medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Theta aumenta a buen ritmo. Rho disminuye. Solo movimiento propio fiable para la secundaria.
82. STI2732. En Lac. Dos medidas oficiales. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
83. STI2733. En Cep. En el cúmulo abierto Berkeley 94. Cuatro medidas oficiales. Los parámetros se mantienen relativamente fijos. Los movimientos propios son similares dentro de los márgenes de error.
84. STI2734. En Cep. En el cúmulo abierto Berkeley 94. Dos medidas oficiales. Los parámetros se mantienen relativamente fijos. Los movimientos propios son similares dentro de los márgenes de error.
85. STI2735. En Cep. Dos medidas oficiales. Se mantiene relativamente estable. Podría ser MPC según los movimientos propios de PPMXL.
86. STI2738. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta ha aumentado  $25^\circ$  desde 1917. Sin embargo, según nuestra medida el ángulo permanece estable desde 1999: ¿error en la medida del descubrimiento? Rho tiende a disminuir muy despacio. Los movimientos propios de UCAC3 son incompatibles, aunque parecen ser poco fiables.
87. STI2739. En Lac. Dos medidas oficiales. Ángulo y distancia aumentan. Posiblemente óptica.
88. STI2740. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye a buen ritmo. Rho aumenta.
89. STI2742. En Lac. Dos medidas oficiales. Movimientos propios incompatibles. Theta disminuye a razón de  $0,138''/\text{año}$  según las medidas históricas. De acuerdo a esta proporción nuestra medida del ángulo es exacta. Rho aumenta despacio. Movimientos propios incompatibles.
90. STI2743. En Cep. Dos medidas oficiales. Se mantiene relativamente fija. Puede ser MPC según UCAC3.
91. STI2744. En Lac. Theta aumenta y Rho permanece relativamente fijo. El movimiento propio de B es incierto en UCAC3, aparecen dos valores en la misma fuente. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante.
92. STI2745AB. En Lac. Solo una medida en 1917. Confirmado. En nuestras imágenes sin filtrar B es más brillante. Gran variación en los parámetros debido al movimiento propio de la secundaria. Par óptico. STI2745BC. Solo una medida en 1917. Confirmado. Gran variación en los parámetros debido a los movimientos propios incompatibles de las componentes. Se alejan. Par óptico.
93. STI2746. En Lac. Dos medidas oficiales. Se separan y el ángulo aumenta. Los movimientos propios de UCAC3 son similares pero los valores para la secundaria pueden ser inciertos.
94. STI2747. En Lac. Dos medidas oficiales. Ángulo y distancia aumentan lentamente. Movimientos propios incompatibles.
95. STI2748. En Lac. Tres medidas oficiales. Relativamente fijo con tendencia a disminuir los parámetros muy lentamente. Los movimientos propios son similares dentro de los márgenes de error.
96. STI2751. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho relativamente fijo. Según UCAC3 los movimientos propios son incompatibles.
97. STI2753. En Lac. Dos medidas oficiales. La componente B es doble cerrada. Nuestra medida está dada con respecto al punto medio del par BC ante la dificultad de medir entre A y B. Theta ha decrecido unos  $5^\circ$  desde el descubrimiento y Rho se mantiene estable. Los movimientos propios de A y del par BC (conjunto) son incompatibles. MRI 8BC. Nueva compañera cerrada para la componente B de STI2753. La pareja está casi al límite de la resolución de nuestro equipo. La medida que reportamos fue realizada por Florent Losse en noviembre de 2010. Ver la sección *Descubrimientos* para más detalles.
98. STI2755. En Lac. Dos medidas oficiales. El par se mantiene relativamente estable. Los movimientos propios de PPMXL son similares, aunque la secundaria viaja ligeramente más rápido.
99. STI2757. En Lac. Dos medidas oficiales. Relativamente fijo. Movimientos propios imprecisos en UCAC3.
100. STI2758. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta aumenta muy rápidamente ( $13,7^\circ$  en 82,57 años) y la distancia se mantiene estable. El movimiento propio no explica esta progresión: ¿orbital?, ¿error en la medida de Stein de 1917? Observar regularmente.
101. STI2759. En Lac. Theta disminuye. Rho Relativamente fijo.
102. STI2761. En Lac. En Lac. Dos medidas oficiales.

- Movimientos propios similares de acuerdo a PPMXL (los valores de UCAC3 son poco fiables). Theta disminuye. Rho relativamente fijo. Una medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 1997,456:  $\Theta = 1,388''$   $\rho = 11,747''$ ) confirma la nuestra.
- 103.** MRI 9. Nueva pareja apretada en el campo de STI2761 cuyas componentes parecen compartir movimiento propio. La medida que reportamos fue realizada por Florent Losse en noviembre de 2010. Ver *Descubrimientos*.
- 104.** STI2764. En Lac. Una medida oficial (1917,80). Confirmado. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-470. Posición actual (J2000): 22 25 05,393 +56 12 41,32. Theta y Rho aumentan suavemente. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 2000,7610):  $\Theta = 73,096''$ ;  $\rho = 9,027''$ . Los movimientos propios son similares en dirección, aunque la principal viaja más rápido. Hay una débil estrella a  $3,9''$  de la principal en dirección  $37^\circ$  (según 2MASS) que apenas se intuye en alguna de nuestras imágenes.
- 105.** STI2765. En Lac. Dos medidas oficiales. Prácticamente fija. Los movimientos propios de UCAC3 son aberrantes y no confirman el carácter estable. En nuestras imágenes sin filtrar B es ligeramente más brillante. Observar periódicamente.
- 106.** STI2767. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta aumenta. Rho aumenta lentamente. Movimientos propios incompatibles
- 107.** STI2768. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles. MRI 10BC. Nueva componente C para la secundaria de STI2768. Difícil por señal débil. El movimiento propio que UCAC3 asigna a esta estrella es muy alto (164,1 -99,7). Sin duda es erróneo, pues con estos valores se apreciaría un evidente desplazamiento al superponer placas antiguas y no es el caso. La pareja permanece unida. Una medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 2000,7610):  $\Theta = 120,364''$ ;  $\rho = 4,323''$ , confirma el carácter estable al compararla con nuestra medida de 2009. Fuerte candidato a ser un par MPC. Observar periódicamente. Ver *Descubrimientos*.
- 108.** STI2769. En Cep. Dos medidas oficiales (la última en 1917). Confirmado dado el abandono del par. Identificación incorrecta en WDS como TYC2-1088, situada a  $1,5''$  de la principal en dirección SO. Posición actual (J2000): 22 25 25,210 +57 03 02,65. Medida adicional procedente de la astrometría de 2MASS (época 2000,7610):  $\Theta = 302,869''$ ;  $\rho = 9,818''$ . Theta decrece despacio y Rho se mantiene relativamente fijo. Los movimientos propios, aunque pequeños, son similares dentro de los márgenes de error.
- 109.** STI2770. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye muy lentamente. Rho estable. Podría ser MPC de acuerdo a los valores de PPMXL. Los valores de UCAC3 no corroboran este hecho.
- 110.** STI2771. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta y Rho disminuyendo debido a que las trayectorias de los vectores de movimiento propio tienden a cruzarse.
- 111.** STI2772. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho relativamente fijo. Movimientos propios similares según varias fuentes. Sin embargo, el movimiento propio de B en UCAC3 puede ser poco fiable.
- 112.** STI2773. En Lac. Dos medidas oficiales. Se mantiene estable con un muy ligero acercamiento. Los movimientos propios son similares dentro de los márgenes de error.
- 113.** STI2774. En Lac. Confirmado. Las magnitudes que hemos calculado son débiles. La secundaria ( $V = 16,51$ ) apenas se intuye en nuestras imágenes y no fue posible la medición. La medida aportada procede de las posiciones de 2MASS para la época 1999,7367. Se alejan y al ángulo disminuye en concordancia con los movimientos propios extraídos del catálogo PPMXL. Óptica.
- 114.** STI2775. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen muy lentamente. Los movimientos propios de UCAC3 son similares aunque pueden ser poco fiables.
- 115.** STI2776. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta Disminuye. Rho ligero aumento. Movimientos propios incompatibles.
- 116.** STI2778. En Cep. Seis medidas oficiales. Theta aumenta muy rápido. Rho disminuye. El movimiento parece claramente rectilíneo. No hay movimiento propio para la secundaria.
- 117.** STI2779. En Lac. Cuatro medidas oficiales. El par se mantiene relativamente estable. Los movimientos propios son pequeños e incompatibles.
- 118.** STI2780. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen.
- 119.** STI2781. En Lac. Dos medidas oficiales. No hay clara tendencia en Theta. Rho estable. Los movimientos propios son incompatibles.
- 120.** STI2785. En Lac. Tres medidas oficiales. No hay clara tendencia en Theta. Rho aumenta con rapidez. Los movimientos propios son incompatibles y casi opuestos. Óptica.
- 121.** STI2787. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta y Rho aumentan. Movimientos propios incompatibles.
- 122.** STI2788. En Cep. Dos medidas oficiales. El par se mantiene relativamente estable aunque los movimientos propios son incompatibles.
- 123.** STI2789. En Lac. Tres medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen lentamente. Movimientos propios incompatibles.
- 124.** STI2793. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta y Rho disminuyen lentamente. Los movimientos propios son incompatibles.
- 125.** STI2797. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye lentamente. Rho estable.
- 126.** STI2798. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta aumenta. Rho disminuye.
- 127.** STI2799. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye rápidamente. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles. Óptica.

128. STI2800. En Lac. Tres medidas oficiales. Theta y Rho crecen lentamente. Movimientos propios similares dentro de los márgenes de error.
129. STI2801AB. En Lac. Tres medidas oficiales. Estable desde 1999. STI2801BC. Dos medidas oficiales. Estable desde 1999. No hay clara tendencia en Theta. Rho aumenta lentamente.
130. STI2802. En Lac. Tres medidas oficiales. No hay clara tendencia en Theta y Rho, las medidas históricas oscilan. Los movimientos propios de UCAC3 son bastante altos e incompatibles y no reflejan la posición relativa en el tiempo. Es recomendable observar este sistema periódicamente.
131. STI2803. En Cep. Tres medidas oficiales. Estable desde 1999. En nuestras imágenes sin filtrar B es ligeramente más brillante. Con reservas, podría ser un par MPC de acuerdo a los movimientos propios de UCAC3. Son muy similares aunque los sigmas son altos.
132. STI2805AC. En Lac. Seis medidas oficiales. Es la componente C de DOO 18. Theta y Rho aumentando. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
133. STI2806. En Cep. Dos medidas oficiales. Estable desde 1999. Con reservas, podría ser un par MPC de acuerdo a los movimientos propios de UCAC3. Son muy similares aunque los sigmas son altos.
134. STI2807. En Cep. Dos medidas oficiales. Estable desde 1999. Podría ser un par MPC de acuerdo a los movimientos propios de UCAC3.
135. STI2809. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
136. STI2811. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
137. STI2814. En Lac. Tres medidas oficiales. Theta está disminuyendo. Rho prácticamente fijo. Los movimientos propios son incompatibles.
138. STI2815. En Lac. Cuatro medidas oficiales. Theta ha aumentado 2° desde 1908. Rho se mantiene relativamente estable. Los movimientos propios son casi paralelos y relativamente altos. Fuerte candidato a ser un par MPC.
139. STI2816. En Cep. Dos medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es ligeramente más brillante. Estable desde 1999 aunque hay gran variación en Theta desde el descubrimiento. Rho relativamente fijo. Movimientos propios incompatibles.
140. STI2817. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
141. STI2818. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye. Rho relativamente fijo. Movimientos propios incompatibles.
142. STI2819. En Cep. Dos medidas oficiales. Gran variación en Theta disminuyendo por el movimiento propio de B. Rho crece más despacio.
143. STI2821. En Lac. Dos medidas oficiales. Theta aumenta. Rho disminuye. En nuestras imágenes sin filtrar B es ligeramente más brillante. Son

casi gemelas (Delta-m instrumental 0,16). Los movimientos propios son incompatibles.

144. STI2823. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta disminuye a buen ritmo. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
145. STI2826. En Cep. Tres medidas oficiales. En nuestras imágenes sin filtrar B es ligeramente más brillante. Theta y Rho disminuyen.
146. STI2828. En Lac. Cinco medidas oficiales. Theta disminuye. Rho aumenta. Movimientos propios incompatibles.
147. STI2829. En Cep. Dos medidas oficiales. Theta relativamente estable. Rho disminuye. Movimientos propios incompatibles.
148. STI2830. En Cep. Dos medidas oficiales. Movimientos propios incompatibles. Óptica.
149. STI2838. En Cep. Tres medidas oficiales. MPC. Movimientos propios relativamente altos. Comprobado el movimiento común con un *blink* mediante Aladin usando placas antiguas DSS.

## Actualización de posiciones erróneas

Como ya se hace constar en las *Notas*, se han corregido las posiciones de 11 pares STI. Frecuentemente, se encuentran incorrecciones en las coordenadas, generalmente en parejas pendientes de confirmar, aunque también se dan casos de falsas identificaciones (figura 3). Estas correcciones ayudarán a depurar el catálogo WDS y se muestran en la tabla 3.

WDS ID.	DESCUBRIDOR	POSICIÓN INCORRECTA WDS	POSICIÓN ACTUAL (J2000)
22126+5531	STI2641	22 12 30,06 +55 32 07,4	22 12 37,534 +55 30 37,94
22141+5536	STI2654	22 14 08,47 +55 35 24,1	22 14 02,083 +55 35 47,61
22144+5510	STI2656	22 14 20,58 +55 10 46,9	22 14 20,942 +55 09 57,01
22151+5457	STI2662	22 15 05,79 +54 58 06,8	22 15 04,262 +54 56 47,82
22154+5446	STI2666	22 15 28,04 +54 45 30,5	22 15 23,878 +54 45 49,99
22170+5526	STI2678	22 17 02,64 +55 25 54,1	22 16 59,408 +55 25 23,46
22178+5452	STI2685	22 17 55,12 +54 52 33,1	22 17 52,343 +54 51 47,33
22185+5525	STI2688	22 18 21,99 +55 25 41,1	22 18 31,260 +55 24 38,31
22205+5440	STI2719	22 21 32,17 +56 02 33,3	22 21 32,291 +56 03 58,02
22251+5612	STI2764	22 25 11,89 +56 11 45,1	22 25 05,393 +56 12 41,32
22254+5703	STI2769	22 25 16,69 +57 02 11,0	22 25 25,210 +57 03 02,65

Tabla 3. Listado de corrección de posiciones.

## Movimientos propios

En la tabla 4 se listan los movimientos propios en AR y DEC de las componentes, expresados en msa/año (milisegundos de arco por año). Estos datos han sido extraídos on-line mediante el servidor de catálogos VizieR y proceden principalmente del catálogo UCAC3 (en su defecto se ha utilizado PPMXL y Ty-

cho2). UCAC3 utiliza 10 catálogos mayores para calcular los movimientos propios.

- 1 = Hip (Hipparcos, Cat. I/239)
- 2 = Tycho (Tycho-2, Cat. I/259)
- 3 = AC2000 (Cat. I/247)
- 4 = AGK2-Bonn
- 5 = AGK2-Hamburg
- 6 = ZA (Hamburg Observatory Zone Astrograph)
- 7 = BY (USNO Black Birch Astrograph, Yellow lens)
- 8 = Lick (50 cm Lick Astrograph)
- 9 = SuperCosmos (<http://www-wfau.roe.ac.uk/sss>)
- 10 = SPM (Southern Proper Motion, Cat. I/277)

Cuanto mayor sea el número de referencias usadas mayor será la precisión obtenida. En estrellas

muy débiles el número de referencias desciende considerablemente pues habrá ciertos catálogos en los que la estrella estudiada no esté registrada. Para mostrar estos pormenores UCAC3 hace uso de un indicador de calidad (el *catflg*), compuesto por un código de 10 dígitos que especifica cuántos catálogos se usaron en los cálculos y con qué efectividad (mediante dígitos de 0 a 6 para cada catálogo). Si el número de referencias válidas es menor que 2 la calidad de las medidas debe tomarse con cierta cautela y estos valores se muestran en Vizier en color gris. En nuestro trabajo indicamos estas particularidades escribiendo en cursiva las líneas de datos correspondientes en la tabla 4. Los valores de PPMXL/Tycho2 se usaron cuando UCAC3 no proveía datos o cuando las incertidumbres eran demasiado altas.

**TABLA 4: LISTADO DE MOVIMIENTOS PROPIOS DE LOS PARES STI OBSERVADOS**

WDS ID.	DESCUBRIDOR		UCAC3 ID.	MP AR MSA·AÑO <sup>-1</sup>	ERROR ±	MP DEC MSA·AÑO <sup>-1</sup>	ERROR ±
20303+6226	STI 985	A	305-125729	5,8	1,8	-2,3	1,5
		B	305-125726	0,4	3,9	-0,1	4,4
22045+5711	STI2610	A	PPMXL	1,5	2,1	-1,7	2,1
		B	PPMXL	-9,0	1,8	-4,7	1,8
<b>Nocat</b>	<b>MRI 5AC</b>	A	PPMXL	1,5	2,1	-1,7	2,1
		C	---	---	---	---	
22057+5708	STI2618	A	295-182732	21,6	1,9	45,4	1,3
		B	295-182738	25,6	3,1	4,9	4,4
22097+5658	STI2627	A	294-181510	-3,8	4,3	-9,7	4,4
		B	294-181513	0,4	4,3	-10,1	4,4
22105+5525	STI2630	A	291-182912	-22,1	1,8	-23,5	0,9
		B	291-182906	-1,3	0,7	-3,8	3,2
22106+5700	STI2631	A	294-181964	11,4	4,5	-17,6	2,6
		B	294-181962	5,8	5,7	-7,8	5,2
22108+5530	STI2632	A	291-183170	-6,6	0,6	-5,9	1,5
		B	291-183154	1,4	1,0	3,3	0,9
22123+5451	STI2638	A	290-191525	4,0	0,6	-11,6	1,3
		B	290-191495	-2,7	3,8	-2,5	7,7
22125+5656	STI2640	A	294-182849	1,7	0,9	1,2	1,0
		B	294-182856	3,9	3,7	-2,4	1,8
22126+5531	STI2641	A	292-179820	-5,3	1,7	-7,4	1,9
		B	292-179826	6,3	2,9	-3,1	1,7
22147+5529	STI2643	A	291-184848	-1,5	1,4	-0,9	2,6
		B	291-184872	-4,6	0,7	-2,7	0,9
22130+5450	STI2644	A	PPMXL	-6,1	3,1	-13,2	3,1
		B	PPMXL	-7,4	3,1	-7,8	3,1
22132+5707	STI2647	A	295-186118	-6,0	1,3	-7,6	0,9
		B	295-186126	1,4	5,0	-3,8	5,2
22134+5442	STI2648	A	TYCHO2	9,3	5,9	-6,8	6,4
		B	290-192455	-2,3	5,0	-1,0	5,2
22136+5514	STI2649	A	291-185471	-22,0	1,2	-17,6	0,7
		B	291-185488	-1,3	1,1	-5,9	1,1
22136+5542	STI2650	A	PPMXL	6,0	2,3	-5,7	2,3
		B	PPMXL	-2,4	3,1	-1,7	3,1
22138+5543	STI2652	A	292-180463	-3,4	1,2	-6,1	1,0
		B	292-180443	15,9	4,0	8,4	1,3
22139+5545	STI2653	A	PPMXL	5,3	2,3	-4,9	2,3
		B	PPMXL	7,3	2,3	-6,6	2,3
22141+5536	STI2654	A	292-180639	27,8	7,8	-1,1	8,0
		B	292-180649	20,1	4,4	4,9	1,1
22144+5510	STI2656	A	291-186110	-1,5	3,0	-5,5	2,6
		B	291-186111	1,4	7,6	-0,7	5,9
22146+5519	STI2658	A	291-186311	-1,2	0,9	-1,8	1,8
		B	291-186287	-5,7	3,2	-3,6	1,2
22147+5529	STI2660	A	291-186366	-4,5	0,9	-0,9	2,8
		B	291-186374	2,9	0,7	2,1	1,2
22149+5708	STI2661	A	295-186940	-6,0	0,8	-4,7	0,9
		B	295-186933	6,3	5,0	3,2	5,2
22151+5457	STI2662	A	290-193775	-9,2	10,1	-6,0	3,1
		B	290-193778	-2,3	1,8	1,0	1,8

(viene de la página anterior)

WDS ID.	DESCUBRIDOR	DESCUBRIDOR	UCAC3 ID.	MP AR MSA·AÑO <sup>-1</sup>	ERROR ±	MP DEC MSA·AÑO <sup>-1</sup>	ERROR ±
22152+5537	STI2663	A B					
<b>Sin confirmar.</b> <b>No identificada en la posición indicada en WDS.</b>							
22154+5446	STI2666	A B	290-194009 209-194004	-3,8 -14,7	0,7 5,0	-2,6 -13,8	0,8 5,2
22157+5507	STI2667	A B	291-187207 291-187219	-5,4 -2,2	1,5 0,4	-3,3 -7,0	2,3 1,2
22158+5519	STI2668	A B	291-187310 291-187295	8,4 -4,5	0,8 1,7	8,9 -5,1	1,0 1,7
22160+5541	STI2670	A B	292-181903 292-181916	-7,0 -2,0	1,4 1,0	-2,8 -1,0	1,3 0,8
22161+5544	STI2671	A B	292-181982 292-181986	-9,2 6,7	3,6 5,0	-19,7 3,9	5,0 1,8
22161+5550	STI2672	A B	292-181971 292-181969	-10,2 -3,2	1,8 5,0	-12,3 -1,7	3,1 5,2
22161+5453	STI2673	A B	290-194577 290-194572	-5,0 1,4	1,4 1,6	0,6 -8,0	1,5 3,8
22164+5525	STI2674	A B	291-187737 291-187740	-3,0 3,8	3,3 5,0	4,9 -3,6	1,4 5,2
22164+5454	STI2675	A B	290-194808 290-194805	9,8 5,6	5,9 5,0	-31,3 -5,1	14,8 5,2
22170+5515	STI2677	A B	PPMXL PPMXL	17,1 6,9	3,1 3,1	-4,3 15,7	3,1 3,1
22170+5526	STI2678	A B	291-188191 291-188174	-7,6 -6,9	1,2 3,5	-2,1 1,2	1,0 5,7
22171+5521	STI2679AC-BD	AC BD	---	---	---	---	---
22174+5555	STI2680	A B	292-182807 292-182811	-6,5 1,5	3,1 5,0	5,5 -12,2	4,2 5,5
22177+5444	STI2681	A B	290-195703 290-195713	-5,1 19,8	0,5 4,2	-3,4 0,2	2,1 1,6
22178+5431	STI2682	A B	290-195807 290-195810	10,0 6,7	1,1 1,7	2,5 -0,4	0,6 1,8
22177+5616	STI2683	A B	293-182618 293-182624	-0,5 0,8	1,2 4,6	-4,2 -0,6	1,9 4,8
<b>NOCat</b>	<b>MRI7 AC</b>	A C	293-182618 ---	-0,5 ---	1,2 ---	-4,2 ---	1,9 ---
22178+5550	STI2684	A B	292-183031 292-183037	2,1 5,7	5,0 5,1	-0,4 -3,5	5,2 5,3
22178+5452	STI2685	A B	PPMXL PPMXL	2,1 2,9	3,1 3,1	-3,8 -8,1	3,1 3,1
22182+5523	STI2686	A B	291-189213 ---	-11,2 ---	2,7 ---	2,1 ---	3,5 ---
22185+5526	STI2687	A B	291-18320 291-189343	15,9 0,4	0,6 0,8	20,7 -2,5	1,2 1,1
22185+5525	STI2688	A B	291-189351 291-189352	0,9 -0,1	2,1 6,4	6,5 6,1	4,3 4,7
22185+5527	STI2689	A B	291-189350 ---	9,6 ---	1,1 ---	-18,2 ---	3,0 ---
22187+5507	STI2690	A B	291-189541 291-189523	38,4 -4,2	0,9 3,2	16,3 4,0	0,7 1,2
22187+5521	STI2691	A B	291-189524 291-189527	-6,7 8,7	5,0 5,0	-5,4 -1,6	5,2 5,2
22191+5455	STI2693	A B	PPMXL PPMXL	4,4 4,2	3,1 3,1	-4,1 -3,4	3,1 3,1
22191+5618	STI2694	A B	293-183427 293-183434	-1,9 -5,5	5,0 5,0	-4,6 -10,0	5,2 5,2
22192+5603	STI2696	A B	293-183516 293-183511	-3,0 -1,5	0,8 4,5	-2,4 -2,5	0,6 7,5
22192+5605	STI2697	A B	293-183519 293-183517	-5,5 2,6	1,1 5,0	-2,1 -4,3	0,9 5,2
22195+5522	STI2699	A B	291-190245 291-190256	-6,0 3,5	1,8 2,7	-0,4 4,6	1,9 1,7
22197+5427	STI2700	A B	289-202485 289-202498	-4,4 -3,0	0,8 0,9	-3,6 -1,6	0,8 0,7
22197+5444	STI2701	A B	PPMXL ---	39,0 ---	3,1 ---	2,8 ---	3,1 ---
22199+5507	STI2702	A B	---	---	---	---	---
22196+5857	STI2703	A B	PPMXL PPMXL	6,5 4,4	1,7 2,2	10,1 8,1	1,7 2,2
22199+5649	STI2704	A B	294-186622 294-186641	6,2 -3,7	0,5 3,4	-10,1 -2,6	1,3 0,7
22201+5436	STI2705	A B	290-197641 290-197654	13,8 -1,0	1,5 0,8	1,9 -3,9	1,8 0,6
22200+5603	STI2706	A B	293-184139 293-184165	-5,6 4,7	3,0 4,6	0,7 11,1	4,7 14,2

(viene de la página anterior)

WDS ID.	DESCUBRIDOR	DESCUBRIDOR	UCAC3 ID.	MP AR MSA-AÑO <sup>-1</sup>	ERROR ±	MP DEC MSA-AÑO <sup>-1</sup>	ERROR ±
22203+5607	STI2708	A	293-184346	-1,4	0,9	-0,8	0,8
		B	293-184334	1,7	3,4	-2,9	1,8
22205+5440	STI2709	A	290-197909	-6,9	5,0	-1,3	5,2
		B	290-197916	-0,7	1,7	-1,3	2,0
22208+5452	STI2710	A	290-198167	1,9	1,5	-0,9	0,7
		B	290-198146	-4,2	0,6	-1,9	1,0
22208+5533	STI2712	A	292-185307	-3,2	2,8	0,0	0,8
		B	292-185292	-9,5	1,9	-8,7	2,7
22209+5621	STI2713AB	A	PPMXL	-5,8	1,9	-2,2	1,9
		B	PPMXL	0,6	2,3	-2,2	2,3
22209+5621	STI2713AC	A	PPMXL	-5,8	1,9	-2,2	1,9
		C	PPMXL	-6,7	3,1	5,1	3,1
22211+5633	STI2715	A	---	---	---	---	---
		B	---	---	---	---	---
22214+5623	STI2717	A	PPMXL	-2,9	3,1	-3,8	3,1
		B	PPMXL	4,0	3,1	1,4	3,1
22215+5551	STI2718	A	292-185759	0,5	1,3	0,8	2,1
		B	292-185751	-2,0	5,0	-12,0	5,2
22215+5604	STI2719	A	293-185101	-6,4	1,0	-2,5	1,3
		B	PPMXL	-3,0	3,1	-1,8	3,1
22215+5836	STI2720	A	298-167143	35,2	4,0	12,7	7,1
		B	298-167149	-14,2	4,9	-22,6	4,0
22219+5546	STI2721AB	A	292-186008	-0,7	1,2	-2,1	1,8
		B	292-186004	10,4	5,0	-1,8	5,2
22219+5546	STI2721AC	A	292-186008	-0,7	1,2	-2,1	1,8
		C	292-186024	0,0	0,7	-0,5	1,7
22220+5620	STI2722	A	293-185357	-2,6	1,4	-0,5	0,5
		B	293-185367	-1,7	1,1	-1,9	1,5
22221+5528	STI2723	A	291-192081	5,3	0,5	-0,2	0,6
		B	291-192098	-2,0	1,3	-1,6	0,8
22221+5621	STI2724	A	293-185411	-3,4	1,0	-3,6	0,5
		B	293-185417	-2,9	5,0	-0,8	5,2
22222+5620	STI2725	A	293-185475	-17,8	5,0	-11,8	5,2
		B	293-185481	-5,2	5,0	-9,2	5,2
22222+5559	STI2726	A	292-186298	-5,7	1,6	-1,3	0,9
		B	292-186314	-3,0	2,3	-1,0	1,4
22223+5613	STI2727	A	PPMXL	1,2	1,9	-8,1	1,9
		B	PPMXL	1,9	2,0	-5,8	2,0
22224+5516	STI2728	A	PPMXL	-3,3	3,1	-3,0	3,1
		B	PPMXL	-6,0	3,1	-5,5	3,1
22223+5657	STI2730	A	294-187679	-7,7	5,0	-36,0	5,2
		B	294-187682	-6,2	0,5	-10,2	1,1
22224+5516	STI2731	A	---	---	---	---	---
		B	PPMXL	0,4	2,3	13,5	2,3
22228+5458	STI2732	A	290-199590	0,7	1,1	-18,4	1,3
		B	290-199589	-2,2	1,8	-3,8	4,1
22229+5553	STI2733	A	292-186746	-3,0	1,6	-1,2	0,6
		B	292-186729	-6,0	2,3	-1,7	0,9
22229+5552	STI2734	A	292-186764	-4,1	1,5	-1,5	0,5
		B	292-186757	-6,6	1,2	-1,9	0,9
22228+5608	STI2735	A	PPMXL	-3,9	2,0	-0,9	2,0
		B	PPMXL	-4,3	3,1	-0,9	3,1
22230+5624	STI2738	A	293-185973	-2,6	3,9	-10,2	3,9
		B	293-185978	0,6	5,0	6,4	5,2
22231+5508	STI2739	A	291-192803	4,6	1,1	-1,8	0,7
		B	PPMXL	-1,3	3,1	-11,1	3,1
22231+5617	STI2740	A	293-186063	-5,6	0,8	1,4	0,6
		B	293-186057	-7,9	2,2	-2,7	1,4
22236+5448	STI2742	A	290-200347	8,9	1,5	10,5	1,1
		B	290-200326	-12,1	2,8	-10,4	2,6
22237+5546	STI2743	A	292-187363	-6,2	3,8	3,6	3,9
		B	292-187377	-6,4	3,8	7,1	3,9
22237+5514	STI2744	A	291-193250	-0,2	0,9	-1,6	0,7
		B	291-193240	-5,7	1,2	0,2	1,1
22238+5440	STI2745AB	A	290-200467	-2,9	2,0	-3,3	0,5
		B	290-200470	41,8	6,2	22,3	6,0
22238+5440	STI2745BC	B	290-200467	-2,9	2,0	-3,3	0,5
		C	290-200441	-43,4	6,4	5,2	6,5
22238+5442	STI2746	A	290-200509	-4,1	0,6	-4,2	1,3
		B	290-200529	-6,1	2,7	-3,9	1,0
22239+5509	STI2747	A	291-193409	-5,3	0,8	-3,4	1,0
		B	PPMXL	-9,1	3,1	5,9	3,1
22239+5547	STI2748	A	292-187569	-4,0	0,9	-1,4	0,9
		B	292-187578	0,0	1,1	-2,7	0,4

(viene de la página anterior)

WDS ID.	DESCUBRIDOR	DESCUBRIDOR	UCAC3 ID.	MP AR MSA-AÑO <sup>1</sup>	ERROR ±	MP DEC MSA-AÑO <sup>1</sup>	ERROR ±
22241+5615	STI2751	A	293-186693	1,5	0,8	-4,1	1,5
		B	293-186706	-0,5	5,0	5,7	5,2
22243+5608	STI2753	A	PPMXL	-2,0	2,3	-0,8	2,3
		BC	PPMXL	8,3	3,1	5,4	3,1
<b>NOcat</b>	<b>MRI 8BC</b>	B	PPMXL	8,3	3,1	5,4	3,1
		C	Conjunto	8,3	3,1	5,4	3,1
22245+5559	STI2755	A	PPMXL	-4,6	2,3	-1,1	2,3
		B	PPMXL	-6,8	3,1	-4,0	3,1
22245+5446	STI2757	A	290-201111	0,2	5,0	4,9	5,2
		B	290-201112	0,4	3,1	8,9	2,7
22246+5436	STI2758	A	290-201171	2,7	1,1	0,7	0,8
		B	---	---	---	---	---
22247+5516	STI2759	A	291-194035	-3,8	1,4	-7,1	1,5
		B	291-194046	-1,8	2,0	4,2	3,0
22248+5518	STI2761	A	PPMXL	4,3	3,1	-7,4	3,1
		B	PPMXL	3,5	3,1	-10,3	3,1
<b>NOcat</b>	<b>MRI 9</b>	A	291-194326 Conjunto	0,1	3,5	-13,2	8,6
		B	291-194326 Conjunto	0,1	3,5	-13,2	8,6
22251+5612	STI2764	A	293-187389	-5,9	1,6	-3,4	1,1
		B	293-187404	-1,5	2,2	-2,6	0,9
22252+5441	STI2765	A	291-194326 Conjunto	0,1	3,5	-13,2	8,6
		B	291-194326 Conjunto	0,1	3,5	-13,2	8,6
22255+5436	STI2767	A	PPMXL	-10,6	3,2	2,8	3,2
		B	PPMXL	-13,8	3,1	-10,9	3,1
22254+5516	STI2768	A	291-194608	-1,8	0,9	0,0	0,8
		B	PPMXL	-4,3	3,1	-7,7	3,1
<b>NOcat</b>	<b>MRI 10BC</b>	B	PPMXL	-4,3	3,1	-7,7	3,1
		C	---	---	---	---	---
22254+5703	STI2769	A	295-191927	-1,7	2,5	-2,7	0,8
		B	295-191918	-0,4	1,1	-0,9	0,8
22255+5516	STI2770	A	PPMXL	-6,1	3,1	-6,8	3,1
		B	PPMXL	-5,2	3,1	-5,6	3,1
22255+5829	STI2771	A	297-177629	2,5	2,3	-2,0	1,0
		B	297-177632	4,9	3,8	3,2	1,6
22257+5515	STI2772	A	291-194813	8,5	0,6	3,9	1,0
		B	291-194821	17,4	2,0	4,8	1,2
22259+5458	STI2773	A	PPMXL	-3,7	3,1	-1,8	3,1
		B	PPMXL	-5,3	3,1	1,3	3,1
22259+5519	STI2774	A	PPMXL	-3,3	3,1	-0,4	3,1
		B	PPMXL	16,1	3,8	-11,7	3,8
22260+5503	STI2775	A	291-195087	-2,2	1,0	-2,4	0,5
		B	291-195078	-2,7	2,9	-1,6	3,8
22264+5451	STI2776	A	290-202482	-3,4	1,7	-1,4	2,1
		B	290-202491	8,0	3,1	7,9	4,1
22264+5714	STI2778	A	295-192491	-5,2	1,2	-4,5	0,8
		B	---	---	---	---	---
22269+5619	STI2779	A	293-188631	-2,2	0,6	-3,3	0,4
		B	293-188621	2,3	0,7	-0,5	0,7
22268+5740	STI2780	A	296-183544	-3,6	2,1	-8,0	0,7
		B	296-183551	-3,7	2,9	-2,6	1,4
22270+5619	STI2781	A	293-188653	-3,1	2,5	-5,9	1,2
		B	293-188654	1,5	1,5	-0,6	1,0
22279+5627	STI2785	A	293-189242	13,5	0,8	0,3	0,8
		B	293-189232	-4,8	1,3	-1,8	0,9
22279+5525	STI2787	A	PPMXL	-8,8	1,7	-4,1	1,7
		B	PPMXL	-11,0	3,1	2,9	3,1
22279+5738	STI2788	A	296-184100	1,4	0,9	-4,3	0,8
		B	296-184083	-5,7	1,6	-7,0	2,2
22280+5527	STI2789	A	291-196586	7,7	1,1	-3,3	0,9
		B	291-196595	-1,0	3,7	4,3	1,6
22287+5720	STI2793	A	PPMXL	1,1	3,1	-7,3	3,1
		B	PPMXL	-6,9	3,1	1,7	3,1

(viene de la página anterior)

WDS ID.	DESCUBRIDOR	DESCUBRIDOR	UCAC3 ID.	MP AR MSA-AÑO <sup>1</sup>	ERROR ±	MP DEC MSA-AÑO <sup>1</sup>	ERROR ±
22292+5707	STI2797	A	295-194095	-2,8	1,2	-4,3	2,6
		B	295-194110	1,2	1,9	-2,9	1,0
22291+5744	STI2798	A	296-184766	4,2	7,5	-2,9	4,5
		B	296-184775	-1,2	1,1	-0,1	1,1
22292+5743	STI2799	A	296-184812	28,6	1,8	-8,6	1,1
		B	296-184801	-8,3	1,0	-1,6	3,2
22296+5512	STI2800	A	291-197358	-3,4	1,2	-1,7	1,1
		B	291-197354	-0,8	1,0	-3,0	0,5
22299+5525	STI2801AB	A	291-197513	-2,3	2,2	-1,8	1,8
		B	291-197514	-7,8	3,3	3,5	3,6
22299+5525	STI2801BC	B	291-197514	-7,8	3,3	3,5	3,6
		C	291-197522	-4,4	2,0	0,1	1,9
22302+5623	STI2802	A	293-190290	53,7	2,0	-69,0	4,1
		B	293-190287	19,0	1,7	4,1	2,7
22303+5752	STI2803	A	296-185446	-4,2	0,7	-2,6	1,2
		B	296-185458	-5,5	4,0	-3,8	9,3
22308+5630	STI2805AC	A	294-193582	14,4	3,8	1,0	3,7
		C	293-190658	-3,8	0,7	-6,1	0,7
22310+5750	STI2806	A	296-185904	-7,8	5,9	-7,2	5,4
		B	296-185909	-5,6	1,1	-3,3	1,0
22313+5802	STI2807	A	297-180617	-6,3	1,1	-3,6	1,3
		B	297-180629	-6,8	0,9	-4,2	0,6
22320+5810	STI2809	A	297-181007	-4,8	0,7	-4,3	0,8
		B	297-181016	1,3	1,2	-1,1	1,1
22322+5813	STI2811	A	297-181096	-6,8	2,0	1,4	2,1
		B	297-181112	1,0	1,3	2,1	1,1
22330+5653	STI2814	A	294-195084	-1,2	0,7	-3,4	0,6
		B	294-195075	2,8	0,8	1,7	1,1
22330+5652	STI2815	A	294-195134	19,6	1,2	62,7	0,9
		B	294-195126	25,7	1,8	64,4	3,8
22331+5719	STI2816	A	PPMXL	-21,0	3,9	40,1	3,9
		B	PPMXL	9,7	3,1	-55,8	3,1
22331+5739	STI2817	A	296-187248	-3,6	1,2	4,8	1,2
		B	296-187246	-24,0	2,3	19,4	1,2
22331+5752	STI2818	A	296-187249	-2,8	2,3	-7,6	1,0
		B	296-187262	-4,5	1,2	1,1	1,5
22331+5743	STI2819	A	296-187270	-1,5	2,5	-1,3	1,0
		B	296-187251	-7,3	3,5	-3,6	2,2
22334+5630	STI2821	A	294-195302	-0,2	1,7	-3,5	2,2
		B	294-195296	-0,4	5,0	2,1	5,2
22341+5700	STI2823	A	294-195812	-4,9	2,2	-3,5	0,6
		B	294-195824	1,8	3,1	0,5	1,0
22345+5717	STI2826	A	295-198212	-17,8	4,2	-5,3	2,7
		B	295-198214	-7,3	1,6	-6,1	1,0
22348+5653	STI2828	A	294-196292	-6,9	1,2	-9,2	0,6
		B	294-196290	-3,9	1,1	-4,1	0,8
22354+5700	STI2829	A	294-196642	10,3	1,7	-5,0	1,3
		B	294-196642	-0,9	0,6	-2,1	1,0
22358+5815	STI2830	A	297-183189	-11,2	4,5	-6,9	3,8
		B	297-183198	-2,8	3,0	-0,4	2,8
22387+5710	STI2838	A	295-200558	47,7	1,3	39,3	4,2
		B	295-200566	48,6	2,6	34,8	2,7

## Descubrimientos

Durante el proceso de reducción de las imágenes CCD hemos encontrado cinco nuevos pares. Las magnitudes visuales ( $V$ ) que aportamos han sido obtenidas mediante la transformación de la fotometría infrarroja cercana de 2MASS (Warner, 2007) y de la fotometría de UCAC3 + el índice de color ( $J - K$ ) de 2MASS (Pavlov, 2009). El valor final es la media de las dos transformaciones. No se corrigió por enrojecimiento interestelar. Dado que todas las componentes son débiles y los datos de la literatura son escasos, el único criterio de caracterización que hemos seguido es la evaluación del movimiento propio en conjunción con la superposición de imágenes antiguas. Para todos los casos se sugieren observaciones periódicas en orden a ratificar su naturaleza.

### - MRI 5AC

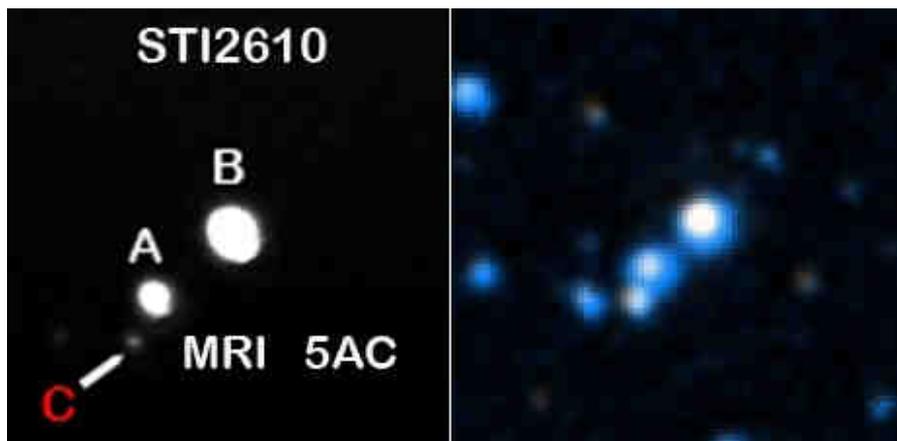
Nueva componente para STI2610. La débil componente C se halla en posición (J2000): 22 04 34,891 +57 11 06,90. Hemos actualizado las magnitudes visuales de las tres componentes. En nuestras imágenes la componente B es más brillante. Este hecho se

ha corroborado en base al cálculo de las magnitudes visuales:  $V_A = 12,99$  y  $V_B = 11,55$ . Sin embargo, hemos respetado la tendencia histórica y el ángulo de posición se ha dado en base a ellas. La componente C es una estrella de magnitud  $V_C = 14,93$ . Para ambas parejas nuestro Delta-m coincide con el calculado.

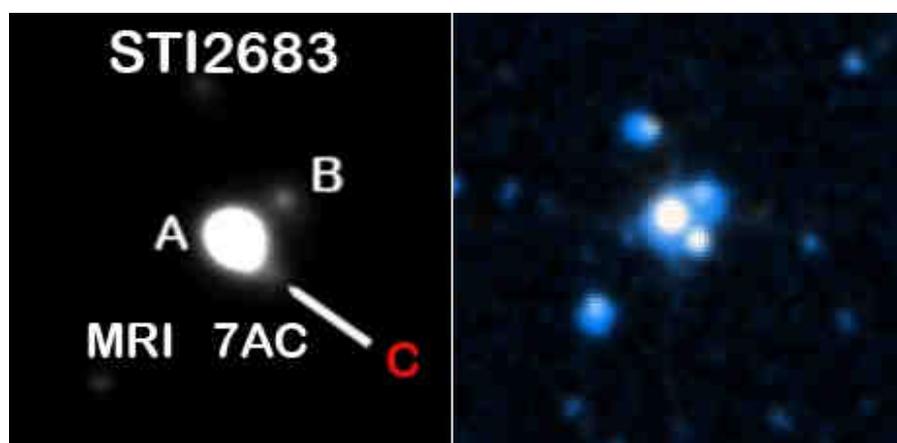
Los movimientos propios de PPMXL parecen ajustarse mejor al comportamiento del par AB, aunque son incompatibles y probablemente su naturaleza sea óptica. No hay movimientos propios para la componente C, aunque ésta parece viajar a la misma velocidad que la principal. Una medida adicional procedente la astrometría de 2MASS confirma el carácter fijo del par AC, al menos en el intervalo temporal de los últimos 10 años. La superposición de placas antiguas tampoco evidencia movimiento relativo (figura 4). Ante la imposibilidad de profundizar más, por falta de datos, sería conveniente observar el sistema con regularidad.

### - MRI 7AC

Nueva componente para STI2683. Las coordenadas de la componente C (J2000) son: 22 17 41,123 +56 16 25,72. Es un caso totalmente similar al ante-



**Figura 4.** Izquierda: MRI 5AC en una imagen OACP de 2009. Derecha: Superposición de dos placas. En azul POSSI-O (1952), en blanco 2MASS-K (1999). El pequeño movimiento del par parece ser común.



**Figura 5.** Izquierda: MRI 7AC en una imagen OACP de 2009. Derecha: Superposición de dos placas. En azul POSSI-O (1952), en blanco 2MASS-H (1997). El pequeño movimiento del par parece ser común.

rior. A pesar de que las componentes de MRI 7AC (figura 5) están separadas por una distancia cómoda, la medición no resultó fácil por la elevada diferencia de magnitud. Las magnitudes visuales para las tres componentes son:  $V_A = 9,90$ ;  $V_B = 13,22$  y  $V_C = 14,14$ . Pudiera darse en estos valores cierta incertidumbre añadida, pues las magnitudes de 2MASS tienen algo de confusión fotométrica debido a la cercanía de las estrellas. En las imágenes de 2MASS, C es más brillante que B. En cualquier caso, las magnitudes aquí calculadas son más precisas que las que ofrece WDS. Los movimientos propios de STI2638 (par AB) parecen sugerir que la pareja es óptica. No se listan movimientos propios para la componente C, pero no se aprecia movimiento relativo en MRI 7AC al superponer placas antiguas. Una medida adicional procedente de las posiciones de 2MASS confirma la estabilidad del par. Ante la imposibilidad de profundizar más, por falta de datos, sería conveniente observar el sistema con regularidad.

### - MRI 8BC

La componente B de STI2753 resultó ser una doble cerrada. MRI 8BC se desdobra claramente en nuestras imágenes. Sin embargo, su separación está casi al límite de la resolución del equipo del OACP. Con la idea de reportar una medida fiable, se contactó con el astrónomo francés Florent Losse (<http://www.astrosurf.com/hfosaf/>), solicitándole como favor personal la medición de MRI 8BC. El autor del software de reducción *Reduc*, siempre tan dispuesto a colaborar, nos envió en cuestión de unos pocos días las medidas requeridas. Las mediciones se realizaron desde el *Observatoire St. Pardon de Conques (MPC 193)*, en el suroeste de Francia (figura 6). El telescopio es un Newton de 408 mm de apertura con una focal de 2052,5 mm. En la observación se utilizó una cámara Atik 314L+ (píxeles de 6,45x6,45 micras) y un multiplicador Televue de 5x. Con esta configuración la focal resultante asciende a 11,40 m y la escala de placa se establece en 0,116726 "/pixel. La idea de Florent Losse era medir el par mediante interferometría speckle, pero para poder registrar las débiles estrellas tuvo que emplear un tiempo de exposición demasiado largo (400 milisegundos), lo que no permitió el uso esta téc-



Figura 6. El astrónomo francés Florent Losse en su observatorio de St. Pardon de Conques.

nica. Aún así, utilizó el autocorrelograma para hacer la medición, como un método alternativo de reducir la imagen espacial. En este proceso se utilizaron 999 imágenes. Los resultados indican que las dos estrellas distan 1,957" en dirección 30,20°. Todos estos aspectos se recogen en la figura 7 (página siguiente).

2MASS y UCAC3 no resuelven la pareja, por lo que la fotometría que ofrecen es conjunta para las dos estrellas. Tras la conversión pertinente obtenemos que la magnitud visual (V) conjunta es 13,89. Con este valor y la diferencia de magnitud medida por *Reduc* y *Surface* sobre las imágenes ( $\Delta m = 1$ ) es posible derivar las magnitudes individuales de las componentes:  $V_B = 14,25$  y  $V_C = 15,25$ .

De acuerdo a los movimientos propios de PPMXL, la estrella principal y el par BC (movimiento propio conjunto) se mueven en trayectorias paralelas y opuestas, en perfecto acuerdo con las observaciones históricas. En base a esta dinámica, STI2753 probablemente sea óptica, mientras que las componentes de MRI 8BC parecen moverse compartiendo movimiento propio. Sería conveniente realizar un seguimiento de MRI 8BC de manera regular.

### - MRI 9

MRI 9 es una débil pareja apretada localizada en el mismo campo que STI2761. La estrella principal se halla en posición (J2000): 22 25 05,272 +55 20 34,37. Las medidas fueron también realizadas por Florent Losse, utilizando la misma configuración y metodología, con los siguientes resultados:  $\Theta = 350,5^\circ$ ;  $\rho = 1,931''$ .

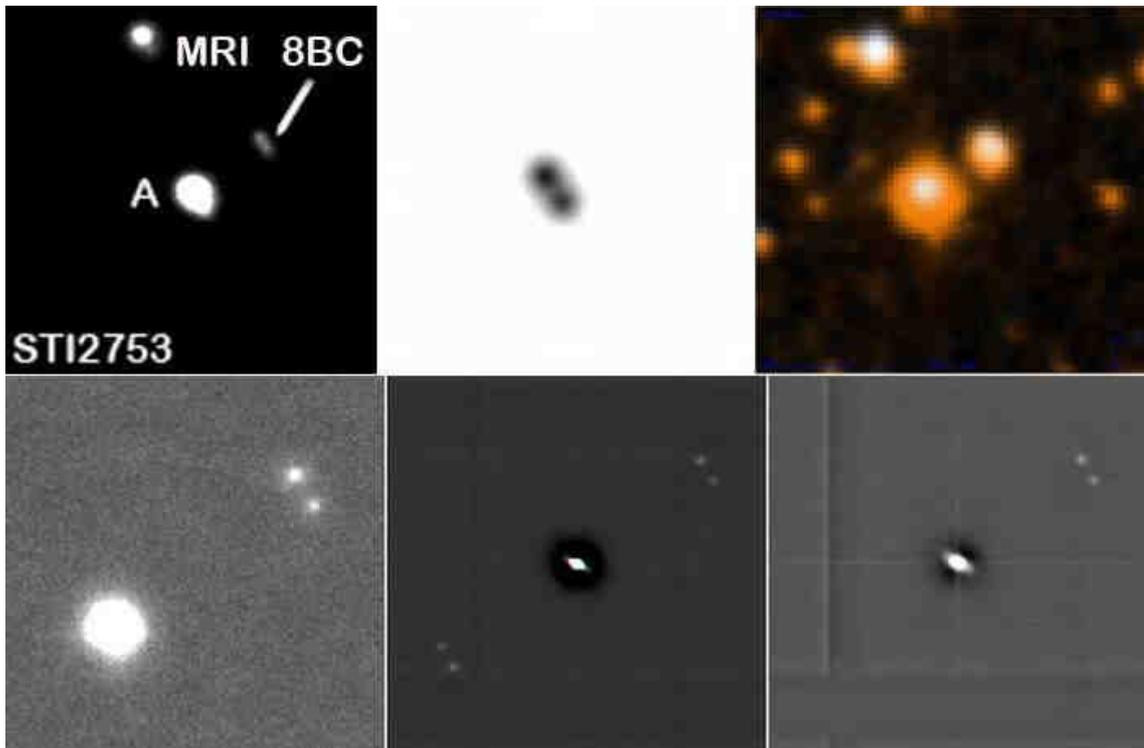
2MASS y UCAC3 no resuelven la pareja, por lo que la fotometría que ofrecen es conjunta para las dos estrellas. Tras la conversión pertinente obtenemos que la magnitud visual (V) conjunta es 13,05. Con este valor y la diferencia de magnitud medida por *Reduc* y *Surface* sobre las imágenes ( $\Delta m = 0,5$ ) es posible derivar las magnitudes individuales de las componentes:  $V_A = 13,58$  y  $V_B = 14,08$ .

El movimiento propio listado en UCAC3 es, igualmente, conjunto. La superposición de dos imágenes antiguas demuestra de forma muy clara que las componentes se mueven en bloque y comparten movimiento propio (figura 8, página siguiente). Sería conveniente realizar un seguimiento de MRI 9 de manera regular.

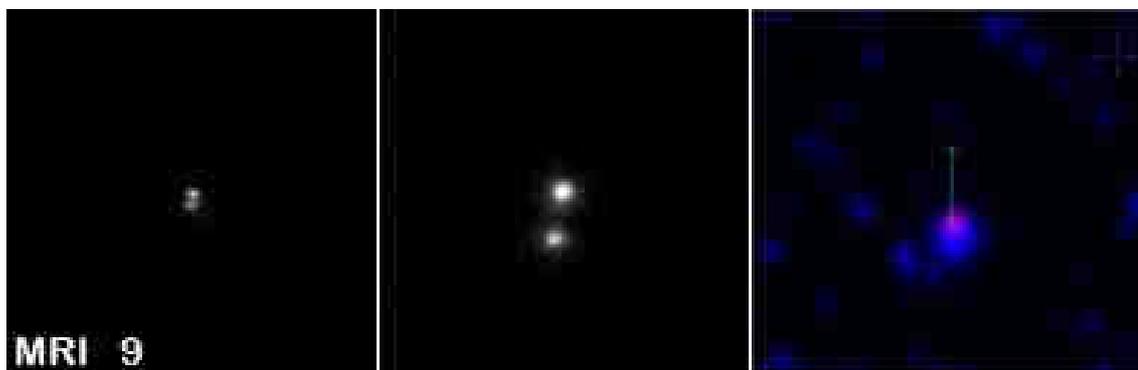
### - MRI 10BC

La nueva componente débil para la secundaria de STI2768 se halla en posición (J2000): 22 25 27,742 +55 16 44,62. Las magnitudes visuales calculadas para las tres componentes son:  $V_A = 12,42$ ;  $V_B = 13,30$  y  $V_C = 14,78$ .

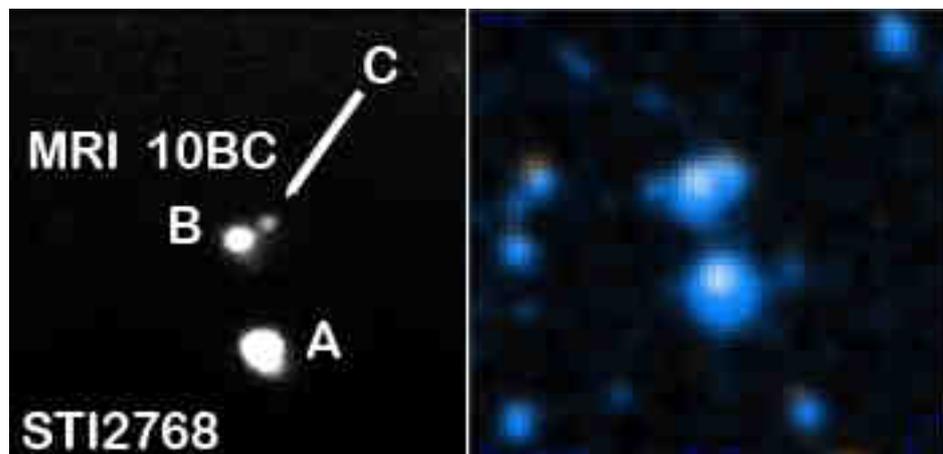
El par original, AB, es probablemente óptico de acuerdo a sus movimientos propios incompatibles.



**Figura 7.** Arriba: A la izquierda, MRI 8BC a la resolución de nuestro instrumental. En el centro una modelización matemática tridimensional realizada con el software Surface en base a nuestras imágenes. Izquierda: Composición de dos imágenes mostrando la elongación estable del par BC: naranja, POSSI-O (1952); blanco, 2MASS-H (1997). **Aba-**jo: Imágenes de Florent Losse tomadas en 2010. Izquierda: imagen compuesta en el dominio espacial (shift and add). Centro: autocorrelograma sobre el que realizaron las mediciones. Derecha: imagen de croscorelación para desechar la ambigüedad de 180° en el ángulo de posición. Las imágenes interferométricas se realizaron con la nueva versión de Reduc que ahora es capaz de soportar estas técnicas.



**Figura 8.** Izquierda: imagen de MRI 9 a la resolución de nuestro instrumental tomada en 2009. Centro: imagen tomada por Florent Losse en noviembre de 2010. Derecha: composición de dos imágenes antiguas -en azul, POSSI-O (1952) y en fucsia 2MASS-J (1997)-. El par no se resuelve en estas placas pero hay una clara evidencia del movimiento propio común de las componentes. Sobreimpreso, el vector de movimiento propio conjunto según los valores de UCAC3.



**Figura 9.** Izquierda: MRI 10BC en una imagen OACP de 2009. Derecha: Superposición de dos placas. En azul POSSI-O (1952), en blanco 2MASS-H (1997). El pequeño movimiento del par parece ser común.

Como se indicó en la sección *Notas*, el movimiento propio para C en UCAC3 es totalmente erróneo y no hay datos en PPMXL. Sin embargo, hay posibilidad de que las componentes de MRI 10BC compartan movimiento propio. Así parece indicarlo la medida adicional de 2MASS y la superposición de imágenes antiguas (figura 9, página anterior). Sería conveniente realizar un seguimiento de MRI 10BC de manera regular.

## Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Dr. Brian D. Mason por suministrarnos los archivos históricos de medidas de todos los sistemas estudiados en esta campaña. Nuestro agradecimiento a Florent Losse por su colaboración en este trabajo. Sin sus precisas observaciones no se hubieran podido incluir dos de los nuevos pares propuestos.

En este trabajo se ha hecho uso del Washington Double Star Catalog (WDS) y el UCAC3 mantenidos por el U.S. Naval Observatory (USNO).

En este trabajo se ha hecho uso de *PPMXL catalog of positions and proper motions on the ICRS* (Roeser et al, 2010) <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=PPMXL>.

Este trabajo usó The Tycho-2 Catalogue (Hog et al., 2000).

Esta investigación ha hecho uso de los datos ofrecidos por Two Micron All Sky Survey (2MASS), un proyecto conjunto de University of Massachusetts y el Infrared Processing and Analysis Center/California Institute of Technology, fundado por la National Aeronautics and Space Administration and the National Science Foundation.

Esta investigación ha hecho uso del Digitized Sky Survey (DSS) que fue producido por Space Telescope Science Institute under U.S. Government grant NAG W-2166. Las imágenes de estos surveys están basadas en datos fotográficos obtenidos usando el Oschin Schmidt Telescope sobre Palomar Mountain y el UK Schmidt Telescope. Las placas fueron

procesadas a su actual formato digital comprimido con el permiso de esas instituciones. Sitio Web: <http://stdatu.stsci.edu/dss/>

En este trabajo se hizo uso del software Aladin, un Atlas Celeste interactivo que permite al usuario visualizar imágenes digitalizadas de cualquier parte del cielo, superponer entradas de catálogos astronómicos o archivos de datos personales y acceder interactivamente a datos e información procedente de SIMBAD, NED, VizieR u otros archivos de todos los objetos conocidos en el campo de visión. Disponible en: <http://aladin.u-strasbg.fr/>

Esta publicación hizo uso del software astronómico *Guide 8.0* de Project Pluto. Sitio Internet: <http://www.projectpluto.com/>

En este trabajo se hizo uso de *Astrometrica*, un software interactivo para la reducción astrométrica de datos sobre imágenes CCD. Autor: Herbert Raab. <http://www.astrometrica.at/>

En este trabajo se hizo uso del software *Reduc* de Florent Losse: <http://www.astrosurf.com/hfosaf/> ©

## Referencias

- Masa, E. R., 2009a, *CCD Double-Star Measurements at Observatorio Astronómico Camino de Palomares (OACP) First Series*, JDSO, Vol. 5, N° 1, 18-42
- Masa, E. R., 2009b, *Las Olvidadas Dobles de Stein I*, *Astronomía*, II Época, N° 126, 64-65
- Masa, E. R., 2010a, *Las Olvidadas Dobles de Stein II*, *Astronomía*, II Época, N° 127, 64-65
- Masa, E. R., 2010b, *CCD Double-Star Measurements at Observatorio Astronómico Camino de Palomares (OACP) 2nd Series*, JDSO, Vol. 6, N° 4, 243-260
- Pavlov, H., 2009, *Deriving a V magnitude from UCAC3*, <http://www.hristopavlov.net/Articles/index.html>
- Warner, B. D., 2007, *Initial Results of a Dedicated H-G Project*, *The Minor Planet Bulletin* (ISSN 1052-8091). Bulletin of the Minor Planets Section of the Association of Lunar and Planetary Observers, Vol. 34, N° 4, 113-119



# Medición astrométrica de STF2744 mediante la técnica de interferometría speckle

Francisco M. Rica Romero

■ Sección de Estrellas Dobles de la LIADA (Argentina)

Agrupación Astronómica de Mérida (Badajoz)

■ correo-e: frica0@gmail.com

En este trabajo presentamos la medición de la binaria orbital STF2744 empleando el telescopio de 0,4 metros del Observatorio Astronómico de Cantabria. Se empleó la técnica de interferometría speckle mediante el uso de diferentes programas informáticos. Se estudiaron los residuos con respecto a la órbita y se analizaron los resultados de los diferentes programas informáticos. También se calculó el límite de resolución para el instrumental usado.

In this paper we present the measurement of the STF2744 binary system by using the telescope of 0.4 meters of the Observatorio de Cantabria. We used the speckle interferometry method by means of several specialized software packages, and we include a discussion above the results. The residuals were studied with regard to the orbit. Also, the limit of resolution of the optical train used was calculated.

## Introducción

NO CABE DUDA de que en los últimos años los amateurs están consiguiendo realizar trabajos de gran calidad (ver la sección *Introduction* en el artículo de Rica (2008)). Precisas y numerosas mediciones mediante cámaras CCD que permiten actualizar y confirmar numerosas dobles que se encuentran en un estado de gran abandono, descubrimientos de binarias separadas (una muestra es el artículo publicado recientemente por el amateur madrileño Rafael Caballero (2010a, 2010b) y Rafael Benavides et al. (2010)), cálculos de órbitas, etc.

Especialmente en España y por extensión en el mundo hispanohablante, el campo de las dobles está experimentando un gran auge y cada vez son más los astrónomos amateurs que deciden dedicarse a esta rama de la astronomía. Hoy en día, España vive, probablemente, su época dorada en este campo, gracias a las semillas dejadas por otras personas como José Luis Comellas. Este gran cambio de los últimos años es algo que personalmente me llena de gran satisfacción y no en vano, hoy en día, España es mirada con envidia por otros países fuertes en el estudio de las dobles, como EE.UU., Reino Unido y Francia.

Todos los que amamos a las estrellas dobles sabemos que, de forma general, el interés astrofísico de las binarias es inversamente proporcional a la separación angular de sus componentes. Por tanto las binarias con separaciones más pequeñas tienen un elevado interés astrofísico. Pero son precisamente estas binarias las que más dificultades presentan en su observación ya que la turbulencia atmosférica impide, o cuando menos dificulta, su observación,

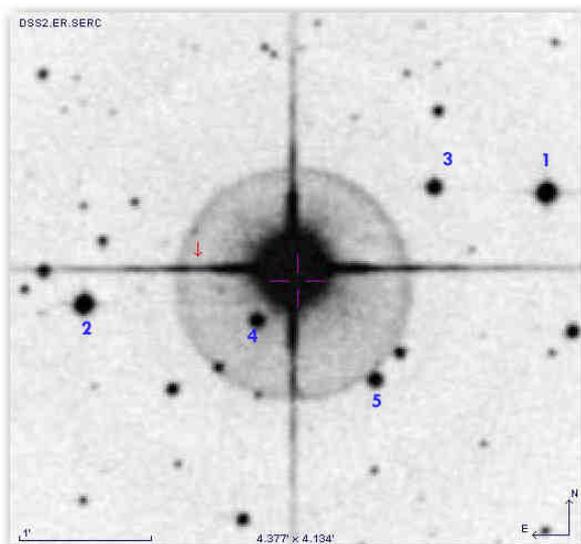
medición y estudio.

Afortunadamente las técnicas observacionales evolucionan de forma importante y actualmente los amateurs disfrutamos de técnicas que no hace mucho sólo estaban al alcance de los profesionales. Nos estamos refiriendo a las técnicas “lucky imaging” y a la técnica de “interferometría speckle”, las cuales reducen o congelan la turbulencia atmosférica permitiéndonos así acercarnos, o incluso alcanzar, el límite de difracción de los instrumentos usados. Sin lugar a dudas, los más expertos en el campo de las binarias, apuntan a estas dos técnicas como las más prometedoras en el futuro de los amateurs. En el ámbito profesional las mediciones speckle comenzaron en España en 1999 y los pioneros fueron los astrónomos del Observatorio “Ramón María Aller” quienes utilizaron telescopios de este observatorio y también del Observatorio de Calar Alto en Almería. Pero que yo tenga constancia, esta medida speckle de STF2744 es la primera medida no profesional en España, lo cual me llena de orgullo.

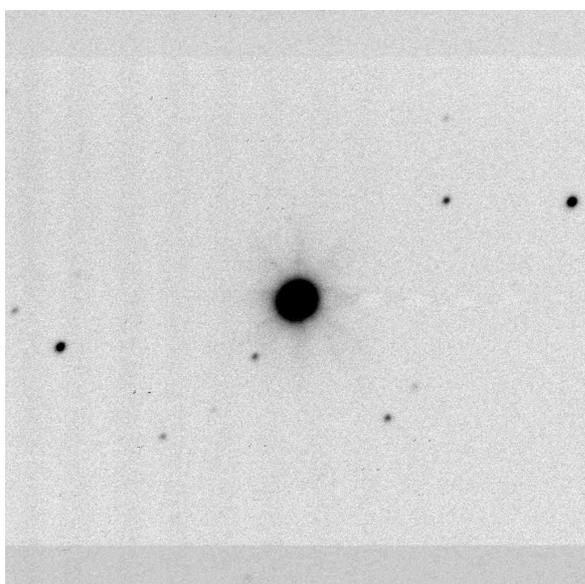
En este artículo hemos usado el **Observatorio Astronómico de Cantabria** para emplear las técnicas “lucky imaging” y “speckle” en la observación de la binaria STF 2744. Las observaciones se realizaron el 19 de Julio del 2009 (época 2009,547).

## El instrumental usado

Para realizar las observaciones utilicé el telescopio del Observatorio Astronómico de Cantabria. El telescopio es un **LX200R de 0,4 metros** de diámetro a f/10 (longitud focal de 4.117 mm). Las observaciones se realizaron a foco primario.



**Figura 1.** Imagen procedente del Digitized Sky Survey centrada en la binaria STF2744. Las cinco estrellas usadas en el proceso de calibración están marcadas con un número.



**Figura 2.** Imagen CCD obtenida en el Observatorio Astronómico de Cantabria. Es la suma de 19 imágenes con un tiempo de exposición de unos 8 segundos cada una. Muestra la misma zona del cielo que la imagen de la figura 1.

Las imágenes CCD se tomaron usando una cámara **DMK 41AU02.AS** con chip monocromo de Sony modelo ICX205AL de  $\frac{1}{4}$  de pulgada (0,64 cm) de tamaño. Está compuesto por 1280 x 960 píxeles cuadrados de 4,65 mm. Esta cámara puede trabajar hasta una frecuencia de 15 frames por segundo (fps) con tiempo de exposición por frame de hasta 60 minutos como máximo. Pero lo más interesante de esta cámara es la posibilidad de realizar tomas de un tiempo de exposición increíblemente pequeño de ¡hasta 1/10000 de segundo!. La importancia de trabajar con exposiciones muy pequeñas es lo que permite congelar parcial o totalmente el seeing de nuestras imágenes.

### Calibración astrométrica

Para determinar la escala y la orientación de las imágenes CCD se realizaron 19 tomas de algo más de 8 segundos de exposición. En cada imagen se veían débilmente algunas estrellas próximas a STF2744. Para obtener una mayor relación señal/ruido se alinearon y sumaron estas 19 imágenes. Las cinco estrellas visibles fueron usadas para la calibración (figuras 1 y

2). Primero consultamos la información astrométrica del catálogo 2MASS. Valores Theta y Rho fueron obtenidos para cada una de las parejas formadas con estas cinco estrellas. La imagen CCD fue medida con REDUC. Valores para Theta instrumental y Rho (en píxeles) fueron medidos para cada par de estrellas.

Algunos de estos pares se descartaron para el cálculo y finalmente usamos 9 pares de estrellas. Ahora podemos comparar los ángulos de posición obtenidos a partir de 2MASS con los valores obtenidos mediante REDUC (considerando orientación  $0^\circ$ ). La diferencia entre estos valores será el valor de la orientación de la imagen CCD.

Para obtener la escala de placa se compararon las distancias angulares en segundos de arco (obtenidas en base a 2MASS) y la separación angular en píxeles obtenida mediante REDUC.

En las figuras 1 y 2 se muestra la zona del cielo centrada en STF2744. Las estrellas usadas en el proceso de calibración se han marcado con números.

En la tabla 1 se muestran las coordenadas y magnitudes de estas estrellas. El resultado de la calibración fue una orientación de  $-2,21^\circ \pm 0,10$  y una escala de  $0,2328 \pm 0,0003$  "/pixel. El campo de visión es de  $4,97 \times 3,72$  minutos de arco para cada imagen. Si el seeing lo permite podremos desdoblarse y medir pares de hasta 3 píxeles de separación (algunos observadores muy experimentados han conseguido medir pares con separaciones de 2 píxeles empleando software especializado) que en nuestro caso corresponde con separaciones angulares (Rho) de  $0,70''$  en casos muy favorables. Como es lógico, para llegar a estos límites debemos estar ante un instrumental sin defectos y con un foco muy bien conseguido.

En la tabla 2 se muestran los valores Theta y Rho del 2MASS, los procedentes de REDUC y el resultado de la calibración.

**TABLA 1.**  
**ESTRELLAS USADAS EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN**

ESTRELLA	COORDENADA AR+DEC	MAG. CMC14
1	21 02 55,42 +01 32 30,7	12,7
2	21 03 09,48 +01 31 39,2	12,9
3	21 02 58,84 +01 32 33,3	14,2
4	21 03 04,21 +01 31 32,0	
5	21 03 00,65 +01 31 04,7	14,4

## La binaria STF2744

Esta binaria está situada en la constelación de Aquario y sus coordenadas son  $21^h 03^m 03,1s +01^\circ 31' 56''$ . Fue descubierta en 1825 por el conocido dobleta F. G. W. Struve cuando apuntó con su telescopio refractor de 10 pulgadas (unos 0,25 metros de diámetro) a esta brillante estrella de magnitud 6. Struve se encontró con la sorpresa de que estaba compuesta por dos estrellas separadas por  $1,54''$ . Desde entonces, ha recibido nada más y nada menos que 377 mediciones (entre ellas 65 con técnicas speckle), siendo una de las binarias que más visitas ha recibido de todo el catálogo WDS. La última medida oficial ha sido en el año 2008, cuando el astrofísico Tokovinin empleó un telescopio profesional de ¡4 metros de diámetro! emplean-

do la técnica speckle. Algunas medidas han sido realizadas por conocidos amateurs; entre ellos, el británico Bob Argyle, el alemán Andreas Alzner, los hermanos franceses Thorel. Mirando en nuestra casa, España, tenemos a los españoles Tófol Tobal y José Luis Comellas. También encontramos a nuestros colegas profesionales J. A. Docobo, Josefina Ling y Cristina Prieto.

STF2744 está compuesta por dos estrellas de magnitudes 6,76 y 7,33 con una separación siempre superior al segundo de arco. Las máximas separaciones rondan los  $1,7-1,8''$ . Por tanto, es un objetivo al alcance de los aficionados expertos.

En cuanto a sus tipos espectrales tenemos diversas referencias. Los tipos espectrales combinados (o sea, conjunto para ambas componentes) van desde una enana F5/6,5V hasta una subgigante F7IV. Según el satélite Hiparcos está situada a una distancia de 71 pc ( $p = 14,12 \pm 0,64$  msa). Holmberg (2009) determinó una metalicidad casi solar ( $[Fe/H] = -0,01$ ) y una edad de unos 1,5 Ga (1 Ga (Giga-año) = 1.000 millones de años) y por tanto varias veces más joven que nuestro Sol.

## Sus órbitas

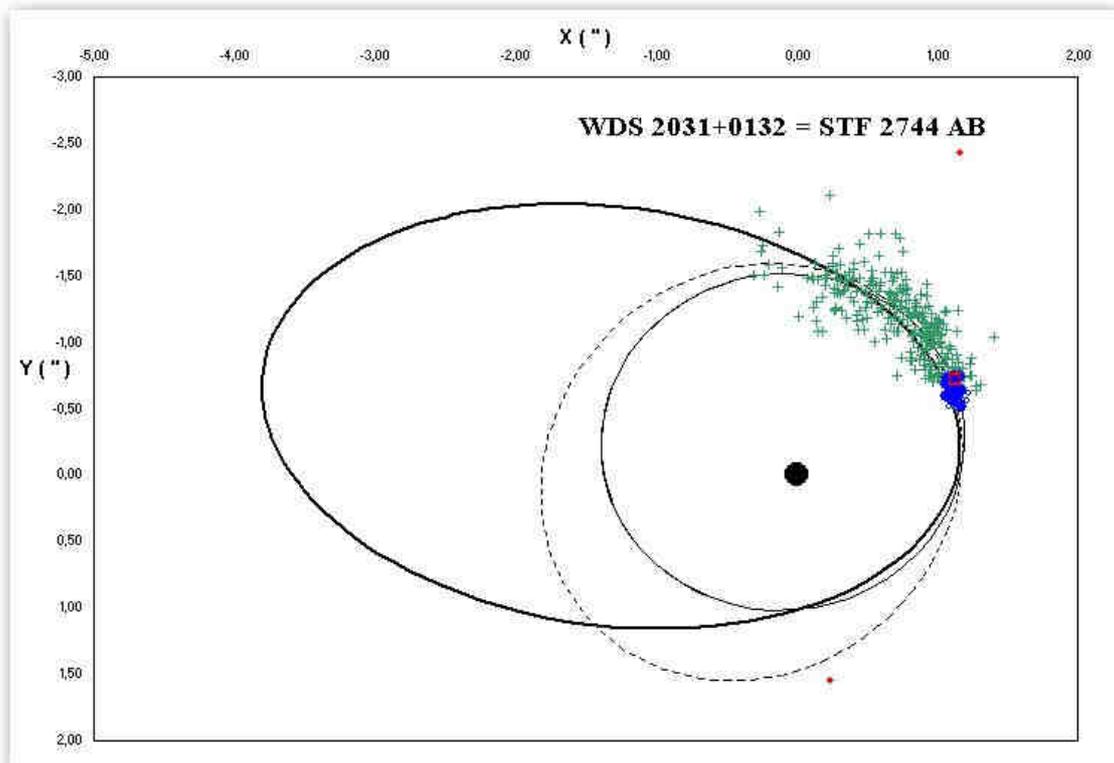
La órbita oficial fue publicada en 1969 por el astrónomo de la Europa del Este G. M. Popovic (1969). Curiosamente los astrónomos (también del Este) Olevic y Jovanovic (2001) publicaron en 2001 un artículo en el Journal Astronómico de Serbia donde calcularon dos posibles órbitas para STF2744 (ver figura 3, página siguiente). Sin embargo, desconocemos el motivo por el cual no se han considerado estas órbitas como oficiales, aunque posiblemente se ha debido al hecho de haber facilitado dos órbitas sin especificar cuál de ellas es la más favorable.

## Observación y medición

Se obtuvieron 1054 imágenes CCD con un tiempo de exposición de 0,026 segundos para cada imagen.

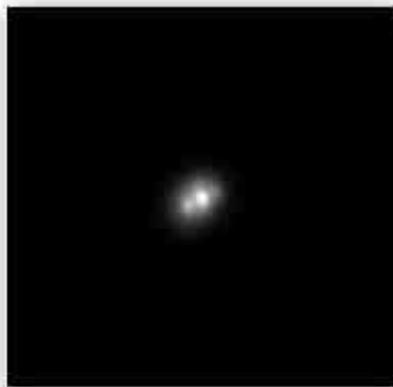
**TABLA 2. MEDIDA DE LA ORIENTACIÓN Y ESCALA DE LAS IMÁGENES CCD**

Estrellas	REDUC		2MASS		calibración	
	Theta <sub>ins</sub>	Rho [px]	Theta [°]	Rho ["]	orientación [°]	escala ["]
1 y 2	105,96	932,69	103,717	217,023	-2,24	0,2327
1 y 3	89,47	220,324	87,109	51,347	-2,36	0,2331
1 y 4	116,21	619,204	113,998	144,283	-2,21	0,2330
1 y 5	139,78	500,555	137,633	116,387	-2,15	0,2325
2 y 3	290,92	724,136	288,722	168,466	-2,20	0,2326
2 y 4	267,15	341,627	264,805	79,349	-2,34	0,2323
2 y 5	257,64	587,143	255,405	136,824	-2,23	0,2330
3 y 4	129,42	433,924	127,275	101,199	-2,15	0,2332
3 y 5	165,01	397,796	162,967	92,664	-2,04	0,2329
<b>MEDIA</b>					<b>-2,21</b>	<b>0,2328</b>
<b>DEV.STD</b>					<b>0,10</b>	<b>0,0003</b>

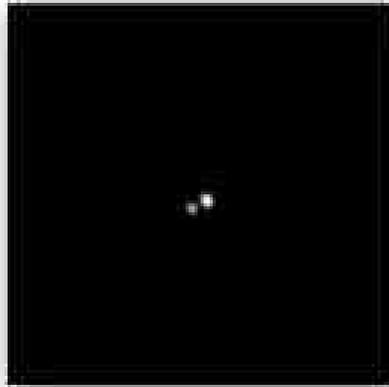


**Figura 3.** Órbitas para STF2744. La elipse de trazo grueso es la órbita de Popovic (1969) y las otras dos son de Olevic (2001). Los signos “+” de color verde son mediciones visuales micrométricas; los puntos azules con medidas speckle.

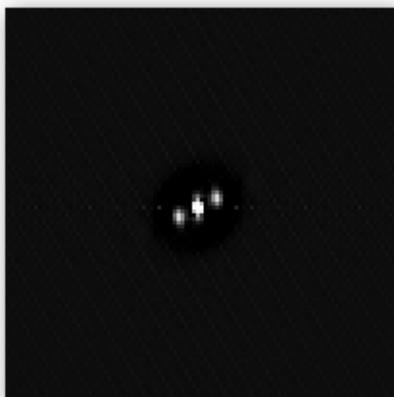
### ALINEADO Y APILADO DE LAS 36 MEJORES IMÁGENES



**Figura 4.** Sin tratar con el algoritmo “Wavelet”.



**Figura 5.** La misma imagen de la izquierda pero tratada con el algoritmo WAVELET del programa IRIS.



**Figura 6.** Imagen speckle de STF 2744 usando REDUC.

STF2744 es la doble observada en el Observatorio Astronómico de Cantabria con tiempo de exposición más pequeño. Inicialmente, la intención era emplear técnicas “Lucky Imaging” para congelar total o parcialmente el seeing atmosférico y realizar mediciones de esta binaria con cierta comodidad. Posteriormente, pudimos comprobar que incluso era posible realizar mediciones mediante la técnica speckle. Para ello se usaron paquetes de software especializados en este tipo de observaciones.

### - Uso de “Lucky Imaging”

Para esta medición empleamos el software REDUC diseñado por nuestro colega, el amateur francés Florent Losse. Tras ordenar los 1054 frames por los métodos que permite REDUC, se comprobó que los mejores resultados se obtuvieron al seleccionar de 10 a 36 de los mejores frames. Estos frames seleccionados fueron alineados y sumados. Se obtuvieron mejores resultados al colocar el “cuadro verde” sobre la primaria. Se probó a ampliar el tamaño del “cuadro verde” de tal forma que incluyera a ambas estrellas. El resultado empeoró y se desechó.

La figura 4 (página anterior) muestra la imagen resultante. El resultado de nuestra medida, usando la herramienta SURFACE dentro de REDUC, fue:

$$\text{Theta} = 125,2^\circ \pm 1,7 \quad \text{y} \quad \text{Rho} = 1,46'' \pm 0,05$$

### - La ventaja del tratamiento de ondas (“wavelet”)

En el proyecto que estoy realizando con el telescopio Carlos Sánchez (TCS) del Observatorio del Teide, algunas de las imágenes de binarias más complicadas han sido tratadas con un algoritmo de ondas de tipo “wavelet”. Este algoritmo en concreto está siendo diseñado por un astrofísico del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y aún no es de acceso público, aunque se espera que en breve lo sea. Pero de forma casual vi que el programa informático IRIS 5.52b dispone de un tratamiento de tipo “wavelet”. Nada más encontrar este interesante hallazgo, me dispuse a comprobar si este tratamiento “wavelet” era tan excelente como el software que se estaba diseñando en el IAC. Para mi sorpresa pude comprobar que esta función del programa IRIS no tenía mucho que envidiar a la versión del IAC. La figura 5 (página anterior) muestra la imagen de la figura 4 tras ser tratada con “wavelet”. La mejora es importante.

El resultado de nuestra medida, usando REDUC sobre imágenes tratadas con “wavelet” fue  $\text{Theta} = 117,2^\circ \pm 1,2$  y  $\text{Rho} = 1,33'' \pm 0,04$ .

### - Observación de speckle con Reduc

Cuando supe de la existencia de una versión de prueba del programa REDUC diseñado para realizar mediciones por la técnica “speckle” quise probar con la binaria STF2744. Florent Losse amablemente me

facilitó una versión de prueba del nuevo REDUC interferométrico. Hay que decir que en el momento de realizar este estudio el nuevo software aún no se había hecho público y por ello agradezco enormemente la deferencia que tuvo Florent conmigo. Tras seguir sus instrucciones, logré obtener una imagen speckle que me permitió medir STF2744 (ver figura 6, página anterior).

El resultado de nuestra medida, usando las imágenes de las soluciones S2 y S3, fue el que menor residuo mostró con la órbita oficial de entre las mediciones mostradas aquí usando otras técnicas y software. Los resultados fueron:

$$\text{Theta} = 113,64^\circ \quad \text{y} \quad \text{Rho} = 1,247''$$

### - Observación speckle con el paquete Speckle I-0.1.1

Pero los amateurs tenemos más opciones en cuanto a software para observaciones speckle. El completísimo y complejo programa *speckle1-0.1.1* ha sido diseñado por el alemán Christoph Stelzer. Desgraciadamente este software no tiene manual y el resultado obtenido aquí se ha realizado siguiendo los pasos facilitados por Javier Ruiz, astrónomo del Observatorio Astronómico de Cantabria. Javier Ruiz logró obtener los pasos necesarios por la técnica de prueba y error (¡gracias Javier!). Nuestra medida resultó ser:

$$\text{Theta} = 115,57^\circ \quad \text{y} \quad \text{Rho} = 1,370''$$

### - Observación speckle usando el programa SIA

Usamos también el software **Speckle Interferometry Analysis (SIA)** programado por el amateur italiano Roberto Caloi. El resultado de mi medición fue:

$$\text{Theta} = 116,17^\circ \quad \text{y} \quad \text{Rho} = 1,323''$$

No logré obtener una imagen speckle usando el programa IRIS.

## Estudiando los residuos de mis medidas

Tras realizar las mediciones con los diferentes programas debemos calcular los residuos con respecto a las órbitas citadas anteriormente. Estos residuos no son más que la diferencia entre los valores observados y los calculados (los llamados O-C).

En la tabla 3 podemos comprobar cómo los mayores residuos son los obtenidos para la órbita de Popovic de 1969. También podemos observar que la medición speckle realizada con REDUC es la que muestra los residuos más pequeños.

Pero antes de seguir debemos comprobar si la órbita oficial se ajusta a las mediciones realizadas re-

**TABLA 3. RESIDUOS ORBITALES**

	medición		Pop1969		Ole2001I		Ole2001II	
	Theta <sub>o</sub>	Rho <sub>o</sub>	Delta-Theta	Delta-Rho	Delta-Theta	Delta-Rho	Delta-Theta	Delta-Rho
<b>Lucky imaging</b>	125,2	1,46	+17,6	+0,25	+12,5	+0,19	+14,1	+0,22
<b>Wavelet</b>	117,2	1,33	+9,6	+0,12	+4,5	+0,06	+6,1	+0,09
<b>REDUC</b>	113,6	1,25	+6,0	+0,04	+0,9	-0,03	+2,6	+0,01
<b>Specklem1</b>	115,6	1,37	+8,0	+0,16	+2,8	+0,10	+4,5	+0,13
<b>SIA</b>	116,2	1,33	+8,6	+0,12	+3,4	+0,06	+5,1	+0,09
<b>Medidas speckle &gt; 2000</b>			<b>+5,2</b>	<b>+0,04</b>	<b>+0,6</b>	<b>-0,03</b>	<b>+2,0</b>	<b>+0,01</b>

cientemente. Para ello utilicé las 8 mediciones speckle acumuladas desde el año 2000. Los valores medios O-C fueron de +5,2° y +0,04". Por tanto parece que la órbita calculada en 1969 muestra claros residuos. También podemos decir que la medida speckle realizada con REDUC es la que más se acerca a lo observado en los últimos años. Vemos cómo la órbita de Olevic con periodo 669,613 años (la de menor periodo de las tres disponibles) es la que mejor se ajusta a las últimas mediciones speckle.

Hagámoslo de otra forma. Usando las mediciones speckle realizadas desde el año 2000 calculé los valores para Theta y Rho en la época en la que yo realicé mi medición (2009,547). Obtuve:

$$\text{Theta} = 113,37^\circ \text{ y } \text{Rho} = 1,266''$$

Aunque las mediciones usadas son speckle, no tienen tanta precisión como podríamos esperar (a partir del ajuste parabólico obtuve sigmas de  $\pm 0,4^\circ$  y  $\pm 0,03''$ ). Confirmamos que nuestra medida speckle realizada con REDUC fue la más precisa con diferencias con respecto a esta última efeméride de +0,3° y -0,02". Será necesario realizar más mediciones de otras binarias hasta confirmar que el uso de la nueva versión de REDUC es la que mejor resultados ofrece.

### Estudio de resolución límite

Es evidente que empleando la técnica speckle las posibilidades de resolución aumentan y en teoría se podría llegar hasta el límite de resolución en caso de utilizar la focal adecuada. En principio en la medición de STF2744 empleamos el telescopio del Observatorio Astronómico de Cantabria a foco primario (unos 4.117 mm de focal). Con la cámara digital empleada obtenemos una escala de imagen de 0,2328"/píxel.

Nuestra propia experiencia, y la de otros observadores experimentados, nos indica que empleando un software adecuado podremos medir dobles con separaciones de 3 píxeles (aunque en algunos trabajos han llegado a medir separaciones próximas a los 2 píxeles). Por tanto con el instrumental usado podremos llegar a medir dobles con separaciones de hasta 0,70". Pero, claro está, esto será posible si la doble tiene

componentes de similar brillo y si el FWHM final es menor o igual a este valor.

### - ¿Qué es el FWHM?

El FWHM (Full Width at Half Maximum) en Astronomía es una medida de la turbulencia atmosférica y es la anchura a media altura del perfil de una estrella.

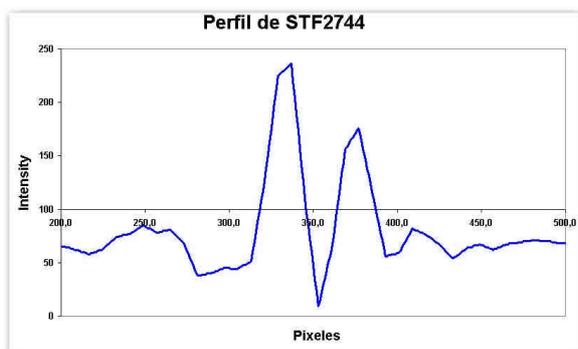
### - Midiendo el valor del FWHM

Para medir el tamaño del FWHM y mostrar el perfil de una estrella podemos realizar el siguiente proceso:

- 1) Abrir la imagen FIT con el programa AstroArt.
- 2) Si queremos mostrar el perfil de ambas componentes de la binaria, tendremos que girar la imagen para que las estrellas de la doble estén en vertical (u horizontal). Para ello es importante determinar Theta (sin corregir por la orientación). Usar Image > Rotate.
- 3) Recortar la imagen (Image > Crop)
- 4) Redimensionar la imagen, aumentándola un 800% (Image > Resize). Esto permitirá obtener un perfil más suavizado.
- 5) Determinar la columna *Y* donde se encuentran ambas estrellas.
- 6) Crear la imagen de perfil: View > Profile > X profile.
- 7) Salvar el gráfico como .txt (y como BMP si se desea). El archivo de texto sólo tiene una columna conteniendo la intensidad de los píxeles para la columna *Y* especificada.
- 8) Importar en Excel para representar gráficamente a nuestro gusto. Ya en Excel podemos añadir una columna y transformar los píxeles en segundos de arco (multiplicando por tamaño\_píxel / 8)
- 9) Para calcular el FWHM debemos calcular la altura media pero sin tener en cuenta el fondo del cielo.
- 10) Una vez localizada la altura media del perfil, midamos el tamaño del perfil pero en horizontal.

El resultado es el mostrado en la figura 7.

Para este trabajo, realicé este proceso para las imágenes obtenidas con el programa REDUC y Spec-



**Figura 7.** Perfil de la binaria STF2744 que fue usado para el cálculo del tamaño del FWHM.

klem1. El programa SIA no muestra una imagen final para la binaria y con IRIS no pude obtener la imagen final del proceso. También muestro los resultados para la imagen obtenida empleando la técnica “lucky imaging”. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.

La técnica speckle se muestra claramente mejor que la técnica “Lucky imaging + wavelet”. El menor FWHM se obtiene con el programa Specklem1 y con él podríamos llegar a medir separaciones angulares entre 0,50-0,60” si empleamos una distancia focal ade-

TABLA 4. TAMAÑO DEL FWHM	
Programa	Tamaño del FWHM
Specklem1	0,54 x 0,65 “
REDUC	0,55 x 0,80 “
Lucky imaging + wavelet	0,79 x 0,96 “

cuada. Con REDUC podríamos llegar a desdoblarse pares de hasta 0,50-0,70”.

No descartamos que para tiempos de exposición más pequeños, el FWHM de la imagen final pueda ser reducido aún más, incrementando así el poder de resolución del instrumental usado. ©

## Referencias

- Benavides, R. et al., 2010, JDSO, 6, 30
- Caballero, R., 2010a, JDSO, 6, 97
- Caballero, R., 2010b, JDSO, 6, 160
- Holmberg, 2009, A&A, 501, 941
- Olevic, D., Jovanovic, P. 2001, SerAJ, 164, 7
- Popovic, G.M., 1969, Bull. Obs. Astron. Belgrade 27, #1, 33-54
- Rica, F., 2008, RMxAA, 44, 137



## Observatorio Astronómico de Cantabria (Valderredible)

<http://www.observatorioastronomicocantabria.com/index.php>

El **Observatorio Astronómico de Cantabria** es un centro de la **Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Cantabria**, gestionado por el Centro de Investigación del Medio Ambiente (CIMA) y situado en el término municipal de **Valderredible**, que pretende convertirse en un centro de referencia científico, observacional, didáctico y divulgativo destinado a la astronomía y sus actividades afines en Cantabria.

La **Universidad de Cantabria**, a través del Instituto de Física de Cantabria (IFCA, CSIC-UC) lleva a cabo la dirección y coordinación de las actividades científicas, observacionales, divulgativas y didácticas del Observatorio.

La **Agrupación Astronómica Cántabra (AstroCantabria)** realiza actividades de divulgación cultural para el público y de observación astronómica. Además, se encarga de la calibración y mantenimiento del instrumental astronómico del Observatorio.

# Nueva componente C para LDS 1737 (WDS 11360+7831)

Ignacio Noalbos Cantador

■ O.A.N.L., Barcelona

■ correo-e: oanlbarcelona@gmail.com

En este artículo se presenta el descubrimiento de una nueva componente de alto movimiento propio común con la estrella BD +79 369 o lo que es lo mismo, la componente A del par LDS 1737 (WDS 11360+7831) y que ha pasado desapercibida a los ojos de los astrónomos desde que fue catalogada en 1897 por Argelander en su famoso catálogo Bonner Durchmusterung y más tarde como doble por Luyten.

This paper presents the discovery of a new high common proper motion component with the star BD +79 369 as the same, the A component of LDS 1737 (WDS 11360 +7831) that has gone unnoticed by astronomers since it was catalogued and included by Argelander in his famous Bonner Durchmusterung in 1897, and later as a double star by Luyten.

## Introducción

DURANTE EL MES DE JUNIO de 2009, mientras se realizaba un trabajo rutinario de mediciones sobre una serie de dobles de la constelación del Dragón, y siguiendo con el método habitual de revisar las placas fotográficas en busca de nuevos objetos con alto movimiento propio, se nos revela una nueva componente para el par LDS 1737, localizada a una distancia de poco más de 2' al Este de la principal y en coordenadas  $11^h 36^m 42,0s +78^\circ 31' 16''$  (J2000.0).

Como es habitual se hizo una composición RGB entre las imágenes del POSSI-E (Época 1955,064) y POSSII-F (Época 1998,303) donde pudimos comprobar que, curiosamente, no era la componente B, descubierta por Luyten, la estrella que compartía movimiento propio con la componente A (mag V = 9,39 y espectro G0), aunque sí lo hacía una estrella de magnitud similar, situada al Este

de la principal y casi a la misma distancia que la componente B.

Dado que las dobles catalogadas por Luyten tienen como característica principal sus altos movimientos propios, en primera instancia pensamos en un error de escritura en el catálogo WDS.

Llegados a este punto, hicimos una consulta a B. Mason del Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO) que muy amablemente nos remitió un detallado informe con las mediciones históricas del par estudiado. El informe confirma que en las seis ocasiones en las que el par ha sido medido desde su descubrimiento, siempre se ha tomado como componente B a la situada al Norte de la principal (BD+79 369). Por lo cual, una vez consultados el propio catálogo LDS (mediante VizieR) así como los listados de nuevos descubri-

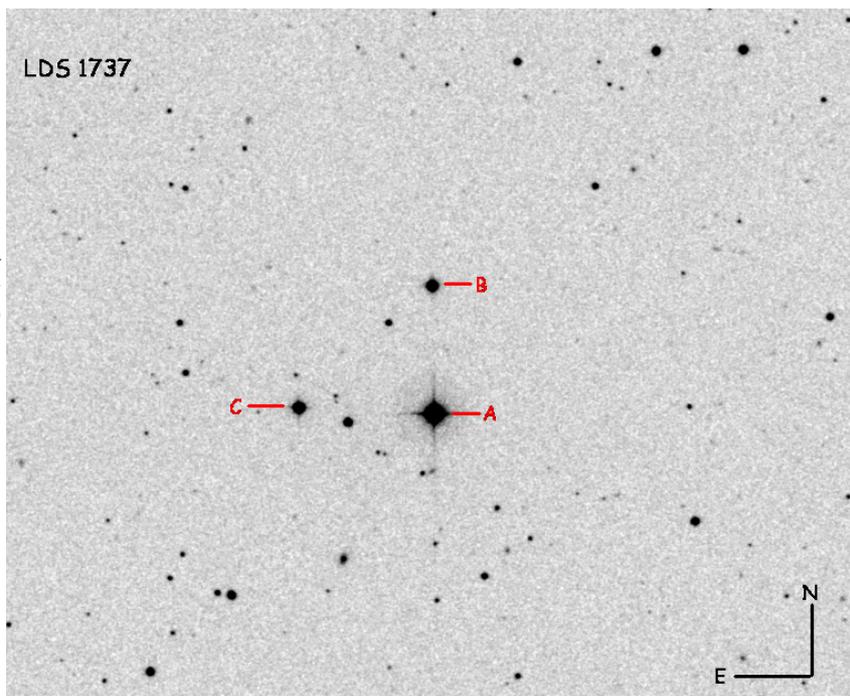


Figura 1. Placa del POSSII-F donde podemos identificar a la nueva componente C justo al Este de la componente principal del sistema LDS 1737 AB.

de la principal y casi a la misma distancia que la componente B.



Figura 2. Composición RGB con imágenes del POSSI y POSSII donde se observa el desplazamiento de las componentes A y C.

mientos de nuestros colegas y amigos R. Caballero (Caballero, 2009) y R. Benavides (Benavides *et al.*, 2010), para descartar que ya hubiera sido reportada por ellos, llegamos a la conclusión de que estamos ante una nueva componente C para el par LDS 1737.

Analizando en las imágenes las posiciones de las componentes B y C con respecto a la A, observa-

ÉPOCA	THETA (°)	RHO (")
1897,310	349,00	121,428
1900,290	349,20	119,553
1965,260	353,00	119,000
1989,030	353,80	117,630
1991,700	353,80	117,267
1999,960	354,30	117,140

Tabla 1. Mediciones históricas del par LDS 1737 AB proporcionadas por el USNO.

mos que tanto B como C presentan una posición con respecto a la principal que quizás llevase a Luyten a un error de transcripción, confundiendo Norte y Este, ya que ambas están situadas formando un ángulo de unos 90° con respecto a la principal, lo cual podría haber inducido al error.

Para complicar aún más el asunto, las componentes B y C presentan magnitudes V similares (12,58 y 12,44) y están situadas a distancias similares de la componente A (117" y 134"), por lo que la hipótesis del error cobra fuerza (véase tabla 2).

Si observamos las magnitudes que nos proporciona el catálogo UCAC-2 se constata la similitud de la magnitud V para las componentes B y C.

### Fotometría

Si siguiendo con nuestra línea de trabajo habitual y con la intención de obtener fotometría para las componentes A y C, hemos usado diferentes métodos, lo cual nos servirá para poder comparar resultados y escoger los valores fotométricos que mejor se adapten al par estudiado. Calculamos las magnitudes BVI y sus respectivos índices de color ( $B - V$ ), ( $V - J$ ) y ( $V - I$ ) mediante transformación de las magnitudes JHK procedentes del 2MASS (véanse las tablas 3 y 4, página siguiente).

Asimismo, se calcula la fotometría en bandas BVRI transformando las magnitudes procedentes del catálogo USNO-B1.0 (véase tabla 5, página siguiente).

Concluimos que los valores fotométricos obtenidos mediante transformación de la fotometría infrarroja cercana del 2MASS son los que mejor se adaptan a nuestro par, al confirmarse que incluso los índices de color se aproximan mucho a los reportados por el UCAC-2. Se observa que existe discordancia, sobre todo en banda V, entre la obtenida a través de la transformación de las magnitudes del USNO-B1.0 y las del 2MASS y UCAC-2, dando la impresión de que la fotometría V obtenida por este medio está algo sa-

*	B	V	R
A	9,84	9,39	9,09
B	12,71	12,47	12,32
C	13,38	12,26	11,36

Tabla 2. Magnitudes obtenidas para las tres componentes a partir de los datos del UCAC-2.

*	J	H	K
A	8,243	7,951	7,923
C	10,111	9,529	9,436

Tabla 3. Fotometría en banda infrarroja procedente del 2MASS.

*	B	V	I	(B - V)	(V - J)	(Vc - Ic)
A	9,88	9,33	8,69	0,56	1,08	0,64
C	13,10	12,03	10,92	1,08	1,91	1,11

Tabla 4. Fotometría BVI para las componentes A y C obtenida a partir de la fotometría del 2MASS.

*	B	V	R	I	(B - V)	(V - I)
A	9,73	9,53	9,16	8,82	0,20	0,70
C	13,23	12,59	11,63	10,58	0,64	2,01

Tabla 5. Fotometría BVRI obtenida por conversión de las magnitudes BRI del USNO-B1.0.

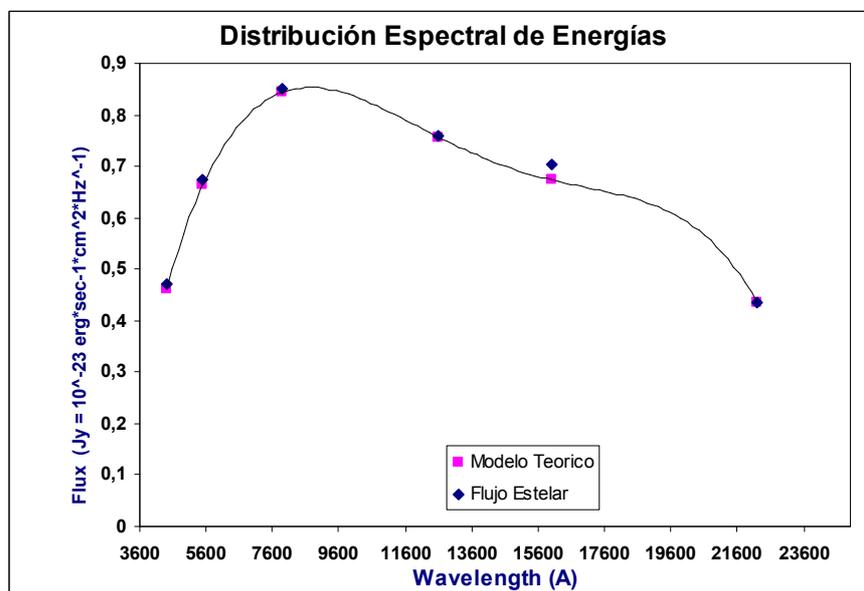


Figura 3. Distribución espectral BVIJHK para la componente A.

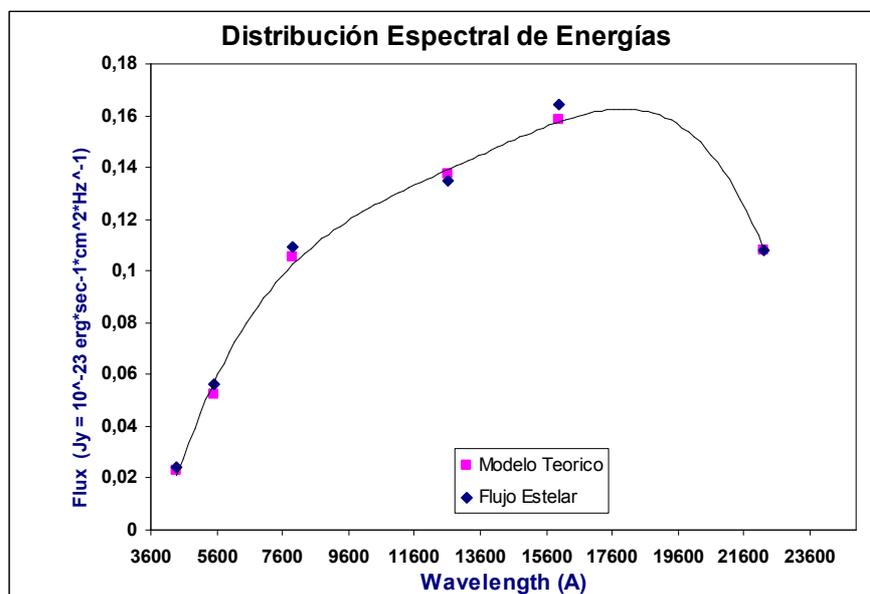


Figura 4. Distribución espectral BVIJHK para la componente C.

turada. Este supuesto se confirma cuando representamos estos valores en el diagrama de distribución espectral de energías, viendo que los puntos que relacionan el ancho de banda V con el flujo de energía se apartan claramente del modelo teórico.

## Tipos Espectrales

Haciendo uso de la distribución espectral de energías en las bandas JHK así como en las BVI, derivadas del 2MASS, obtenemos para A un espectro F9V/G0V, el cual coincide con el reportado por los catálogos ASCC-2.5 y SAO (véase figura 3, página anterior).

Para la componente C, la fotometría JHK así como la BVI derivada del 2MASS, nos sugieren un espectro K4V/K5V, aunque los puntos que representan a los flujos estelares en las bandas V, I, J y K en el diagrama de distribución espectral de energías, quedan algo desplazados del modelo teórico (véase figura 4, página anterior).

Se confirma pues un tipo espectral G0V para la componente principal así como un posible K4/5V para la nueva componente C, descubierta durante el transcurso del estudio del par LDS 1737 AB.

El diagrama de movimiento propio reducido (Jones, 1972) nos confirma que realmente estamos ante un par con una componente A blanco-amarilla, situada hacia el centro de la secuencia principal (G0V) y una “nueva” componente C algo mas fría y de color naranja (K4V). El color ( $B - V$ ) obtenido para ambas

componentes, confirma sus tipos espectrales sobre el diagrama HR.

## Magnitud Absoluta

Se ha estimado la magnitud visual absoluta para cada una de las componentes haciendo uso de las tablas que relacionan la  $M_v$  con la clase espectral a la que pertenecen. Para los espectros G0V y K4V las magnitudes absolutas obtenidas son +4,4 para A y +7,02 para C.

Al ser éste un dato de extrema importancia, ya que está directamente relacionado con la obtención de las distancias fotométricas que nos darán idea de la proximidad espacial del par, se confirma mediante un segundo método.

Si hacemos uso de la referencia (Reid & Murray, 1992), la coincidencia con la  $M_v$  obtenida por el método anterior es casi completa, obteniéndose +4,42 para A y +7,12 para C.

## Distancia y módulos de distancia

Para el par estudiado obtenemos una distancia fotométrica de 96,8 pársecs para A y de 100,5 pársecs para C. Teniendo en cuenta el margen de error asumible en la estimación de las magnitudes absolutas, y que pueden introducir un error en torno al 20-25% en el cálculo de la distancia fotométrica, podemos decir que ambas estrellas se encuentran a la misma distancia de nosotros.

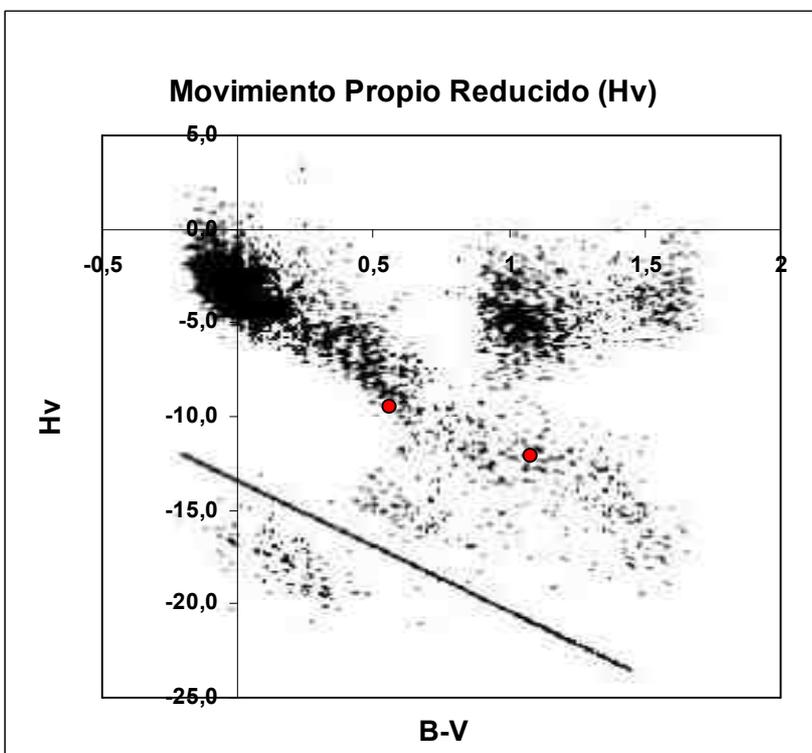
Los módulos de distancia ( $V - M_v$ ) obtenidos para A (4,93) y para C (5,01) señalan una alta probabilidad de que las dos componentes del par se encuentren a la misma distancia.

## Astrometría relativa

Con el fin de obtener la astrometría relativa del sistema AC, se han medido las imágenes de varios surveys, obtenidas de la base de datos del CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg).

La astrometría relativa del par AC se ha obtenido haciendo uso del software *Reduc v3.88*, creado y mantenido por el gran doblista amateur, Florent Losse (miembro de la Société Astronomique de France).

Para obtener las constantes de calibración utilizadas por *Reduc*, aprovechamos la circunstancia de que podemos identificar sin ningún tipo de duda a las tres componentes en todas las imágenes



**Figura 5.** Diagrama de Movimiento propio reducido con las componentes representadas en rojo "Reduced-Proper-Motion Diagrams. II. Luyten's White-Dwarf Catalog" Por Eric M. Jones (AJ, 177, 245-250 -1972).

LDS 1737 AB (PARA CALIBRACIÓN)		
EPOCA	THETA (°)	RHO (")
1955	352,005	118,208
1997	354,147	117,183
1998	354,198	117,159
1999	354,249	117,134
2000	354,300	117,110

**Tabla 6.** Astrometría del par AB para cada una de las placas.

que pretendemos medir. En primer lugar y puesto que disponemos de las mediciones históricas del par AB proporcionadas por el USNO, calculamos mediante un ajuste lineal los valores de Theta y Rho para el par AB en las épocas medias de todas y cada una de las placas que nos disponemos a medir.

El paso siguiente es utilizar AB como par de calibración, obteniendo el ángulo de rotación de la cámara y la escala de placa ("/píxel) para cada época a partir de las medidas que previamente hemos calculado para cada una de las placas donde mediremos los parámetros del par AC.

A continuación hemos medido con *Reduc* el par AC sobre cada una de las placas descargadas de los catálogos, obteniendo los siguientes valores.

Observando los valores de Theta y Rho a lo largo del tiempo podemos ver que el sistema AC ha

REDUC MEDIDAS AC			
SURVEY	EPOCA	THETA (°)	RHO (")
POSSI-E	1955,07	80,87	122,852
POSSI-O	1955,07	80,85	122,802
POSSI-J	1997,05	80,56	122,304
POSSI-F	1998,30	80,54	122,268
2MASS-J	1999,95	80,57	122,265
2MASS-H	1999,95	80,58	122,267
2MASS-K	1999,95	80,52	122,265
POSSI-N	2000,31	80,49	122,259

**Tabla 7.** Astrometría del par AC para cada una de las placas.

permanecido prácticamente fijo tanto en ángulo como en distancia. Aunque se observa una ligera disminución de los dos valores.

## Movimientos propios

Los datos relativos a los movimientos propios de las componentes extraídos de UCAC-2 y USNO-B1.0 nos muestran con claridad la coincidencia de los movimientos propios para las componentes A y C, descartando una posible relación física de alguna de las mismas con la componente B, que parece moverse a una velocidad y en una dirección que nada tiene que ver con las otras dos componentes.

*	pm AR (msa/año)	Error (±)	pm Dec (msa/año)	error (±)
A	-104,7	1,3	14,5	1,3
C	-102,0	1,0	14,0	1,0
B	-5,2	2,3	-7,0	2,5

**Tabla 8.** Movimientos propios.

Si graficamos las mediciones de Theta y Rho obtenidas para AC con respecto al tiempo (línea temporal de 45,25 años) y ajustamos los puntos de la gráfica a una recta por mínimos cuadrados, la pendiente de la recta nos da la variación anual de Theta y Rho (véanse las figuras 7 y 8 de la página siguiente). Este dato es de suma importancia ya que si finalmente se verifica el carácter físico de la binaria y por lo tanto su relación gravitatoria, el valor se corresponderá con la velocidad orbital relativa del sistema.

Una vez graficados los valores de Theta y Rho vs Época, obtenemos una variación anual de  $-0,0072^\circ$  para el ángulo de posición y  $-0,0126''$  para la separación.

## Naturaleza del sistema

Con el fin de hacernos una idea inicial de la probabilidad de una relación física entre las componentes A y C, se hace uso del criterio de caracterización de Halbwachs (1986) que señala al par como físico. Usamos también el mismo criterio pero con la modificación propuesta por Rica (2004) que nos indica una posibilidad del 78% de ser física, con un valor para T (r/m) de 1179 años. Aunque sería necesario completar el estudio utilizando otros criterios de caracterización más fiables por estar basados en la mecánica celeste, concluimos en que existen bastantes posibilidades de que se trate de un par de movimiento propio común. Los grandes movimientos propios comunes para A y C, resultan excelentes indicadores de binariedad, más aún cuando las distancias fotométricas indican distancias casi idénticas para ambas componentes.

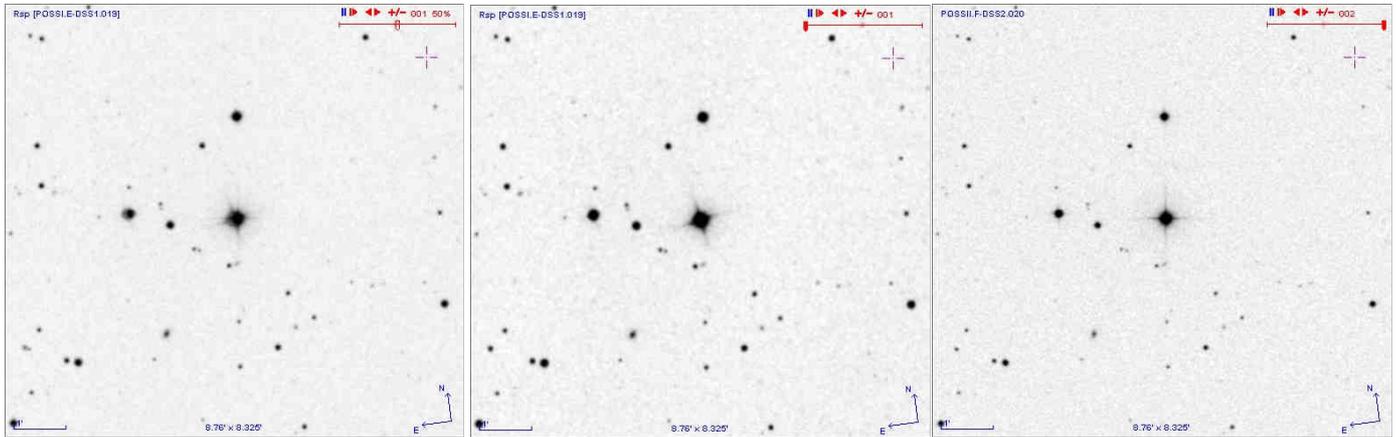


Figura 6. Secuencia de imágenes POSS donde se aprecia el elevado movimiento propio en AR de A y C.

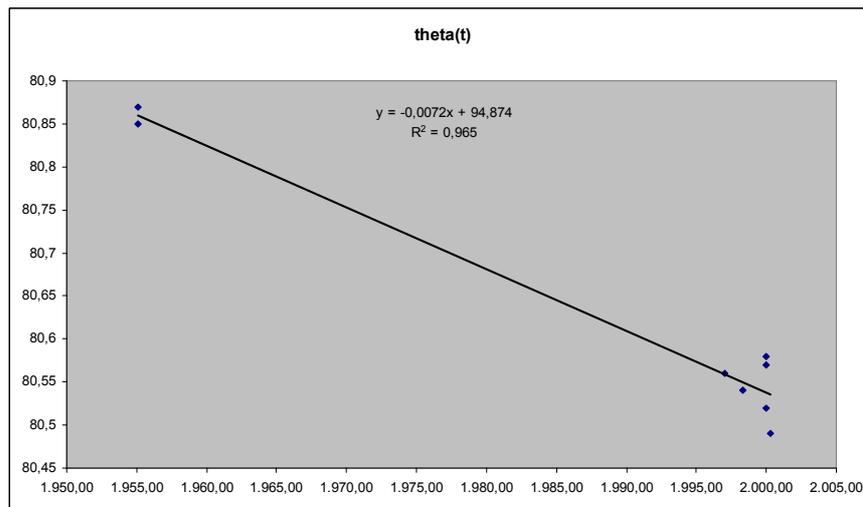


Figura 7. Ajuste lineal Theta vs Época.

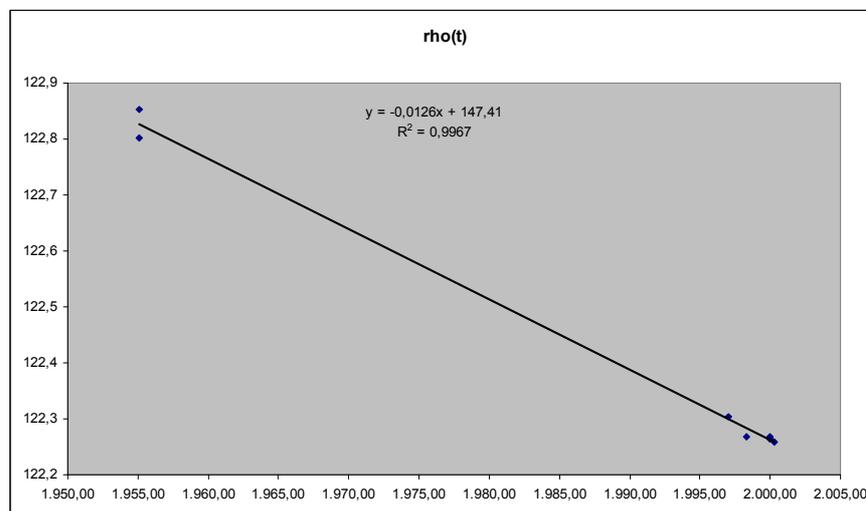


Figura 8. Ajuste lineal Rho vs Época.

## Conclusiones

En este artículo se plantea el descubrimiento de una nueva componente del sistema LDS 1737 publicada por Luyten en el año 1969.

El interés de este descubrimiento radica en que durante 112 años se ha tomado como secundaria del sistema a una estrella en la cual se aprecia un movi-

miento propio, que en nada se asemeja al de la componente principal, caso extraño entre los pares catalogados por Luyten, cuya principal característica es la de tratarse de pares con movimientos propios comunes de sus componentes.

Nuestro estudio previo señala como compañera de la componente principal del sistema LDS 1737 a la estrella 2MASS 11364208+7831162, localizada a una

distancia semejante a la de la componente B (134”), de magnitud parecida (12,26) y situada en un ángulo aproximado de 90° con respecto a la componente B, lo cual nos hace pensar en la posibilidad de un error de transcripción de los datos por parte de Luyten.

Para confirmar este punto, también se analizan los movimientos propios de la componente A con los de la nueva componente, siendo totalmente coincidentes. Lo cual, junto con la similitud de las distancias fotométricas calculadas refuerza nuestra teoría.

En este estudio previo, también se ha medido la astrometría relativa para el sistema AC obtenida analizando las placas de diferentes surveys para una base temporal de 45,24 años, la cual nos indica una ligera variación decreciente para los valores del ángulo de posición y de la distancia angular.

Este es un punto que se debería confirmar con nuevas mediciones sobre imágenes actualizadas.

## Agradecimientos

En primer lugar quisiera dedicar este trabajo a mi par de soles particulares. A Emmy y Andrea, gracias por vuestro apoyo y comprensión.

También quisiera dar las gracias a Francisco M. Rica Romero (Coordinador de la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA) por la inestimable ayuda que me ha prestado durante la elaboración de este estudio, así como por sus valiosísimas sugerencias.

Como siempre también quisiera dedicar este trabajo a mis amigos del foro de dobles de la Asociación Astronómica Hubble.

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas, organismos e instituciones que mantienen y actualizan los catálogos y herramientas que a continuación se relacionan:

- Double Star Catalog (WDS), USNO-B1.0 y UCAC2, Observatorio Naval de los Estados Unidos.
- SIMBAD, CDS, Estrasburgo, Francia.
- Digitized Sky Survey (DSS), Space Telescope Science Institute under U.S. Government.
- Imágenes Telescope Palomar Mountain y el UK Schmidt Telescope.
- Two Micron All Sky Survey. 2MASS
- Para este estudio se hizo uso del software Aladin. ©

## Referencias

Benavides et al., 2010, *New Wide Common Proper Motion Binaries*, JDSO, Vol. 6, Nº 1, 30-87  
Bilir et al., 2007, *Transformations between 2MASS, SDSS and BVRI photometric systems: bridging the near infrared and optical* arXiv:0711.4356v1

[astro-ph] 27 Nov 2007  
Bilir, S.; Karaali, S.; Tuncel, S., 2005, *Absolute magnitudes for late-type dwarf stars for Sloan photometry*, *Astronomische Nachrichten*, Vol. 326, Nº 5, 321-331.  
Bonnarel F., Fernique P., Bienayme O., Egret D., Genova F., Louys M., Ochsenbein F., Wenger M., Bartlett J.G., *The ALADIN interactive sky atlas. A reference tool for identification of astronomical sources*, *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, 143, 33-40 (2000) – April(I) 2000.  
Caballero, R., 2010, *New Northern Hemisphere Common Proper-Motion Pairs from the UCAC-3 Catalog*, JDSO, Vol. 6, Nº 1, 97-113.  
Eric, M. J., 1972, *Reduced Proper Motion Diagrams*, A. J., 173, 671-676.  
Habets, G. M. H. J.; Heintze, J. R. W., 1981, *Empirical bolometric corrections for the main-sequence*, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, vol. 46, p. 193-237.  
Halbwachs, J. L., 1986, *Common proper motion stars in the AGK 3*, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series (ISSN0365-0138)*, vol. 66, no. 2, p. 131-148.  
Houdashelt, M. L.; Bell, R. A.; Sweigart, A. V., 2000, *Improved Color-Temperature Relations and Bolometric Corrections for Cool Stars*, *The Astronomical Journal*, Vol.119, Nº 3, pp. 1448-1469.  
Martin, V. Z., *Handbook of Space Astronomy and Astrophysics*, Ed. Cambridge University Press, <http://ads.harvard.edu/books/hxaa/>  
Masa, E. R., 2007, *SDSS J001708.1-102649.5 y SDSS J001707.99-102647.3: Serendipitous discovery of a new binary system candidate*, JDSO, Vol. 3, Nº 1, 34-48  
Masa, E. R., 2005, *LDS 968 AB-C: The Distant Companion of HU 575*, JDSO, Vol. 1, Nº 2, 50.  
Novalbos, I., 2009, *Un Nuevo sistema binario en la Corona Boreal*, *El Observador de Estrellas Dobles* 3, 59.  
Reid, Neill & Murray, C. A. 1992, *AJ*, 103, 514  
Rica, F. M., 2004, *Circular Sección de Estrellas Dobles LIADA*, 6 (En español), 23-26.  
Rica, F. M., 2004, *Circular Sección de Estrellas Dobles LIADA*, 7, 32-34.  
Rica, F. M., 2005, *Circular Sección de Estrellas Dobles LIADA*, 2 (En inglés), 11-12.  
Salim, S., Gould, A., 2000, *ApJ*, 539, 241.  
Salim, S., Gould, A., 2002, *Classifying Luyten Stars using an Optical-Infrared Reduced Proper Motion Diagram*, *ApJ.*, 575, 83  
Tinney, C. G.; Mould, J. R.; Reid, I. N., 1993, *The faintest stars – Infrared photometry, spectra, and bolometric magnitude*, *AJ (ISSN 0004-6256)*, vol. 105, no. 3, p. 1045-1059.  
Warner D. Brian, 2007, *“Initial results from a dedicated H-G project”*. *Bulletin of the Minor Planets Section of the Association of Lunar and Planetary Observers*, Vol. 34, Nº 4, 113-119

# Medidas astrométricas de estrellas dobles desde cielos urbanos

Margarita Granado Sánchez-Toscano

- Agrupación Astronómica de Sabadell
- correo-e: mgranados41@ono.com

En el presente artículo presentamos una recopilación de medidas astrométricas hechas durante el período de dos años, así como una pequeña descripción de los problemas encontrados para la correcta identificación de alguno de los sistemas.

We present Theta/Rho measures made for a period of two years, and a small description of the associated found difficulties for a correct identification of some of the systems.

## Introducción

EL OBJETIVO DEL PRESENTE ARTÍCULO es sacar a la luz una serie de medidas astrométricas realizadas en sistemas binarios durante los años 2009 y 2010 con el ánimo de que puedan ser de alguna utilidad, aunque su objetivo principal es el de adquirir práctica y conocimientos en el campo de las estrellas dobles.

## Instrumentación y método

El telescopio utilizado fue un catadióptrico de 200 mm de apertura, el conocido VC200L Visac de Vixen, utilizado con y sin reductor de focal, sobre una montura Sphinx SXD también de la misma firma. La cámara fue una veterana SBIG ST-7E perfectamente útil para este trabajo a pesar de su pequeño sensor. Ubicado todo en pleno casco urbano de Sevilla (España).

La metodología de trabajo fue variando conforme el avance en el aprendizaje iba discurriendo. Las primeras medidas fueron hechas tomando sólo tres tomas de un sistema y midiendo individualmente cada una de ellas con el programa CCDSoft v.5 conjuntamente con TheSky6 Pro, ambos de Software Bisque<sup>(1)</sup>. Después se hacía un promedio y se calculaba la desviación estándar. Igualmente, se hicieron con un reductor de focal que proporcionaba una relación focal de  $f$  6,4 y una resolución de 1,42 "/píxel. A pesar de esta merma en la resolución, el montaje fue útil en campos extensos como en el de STF 2272 que permitió medir la mayoría de sus componentes en un mismo encuadre.

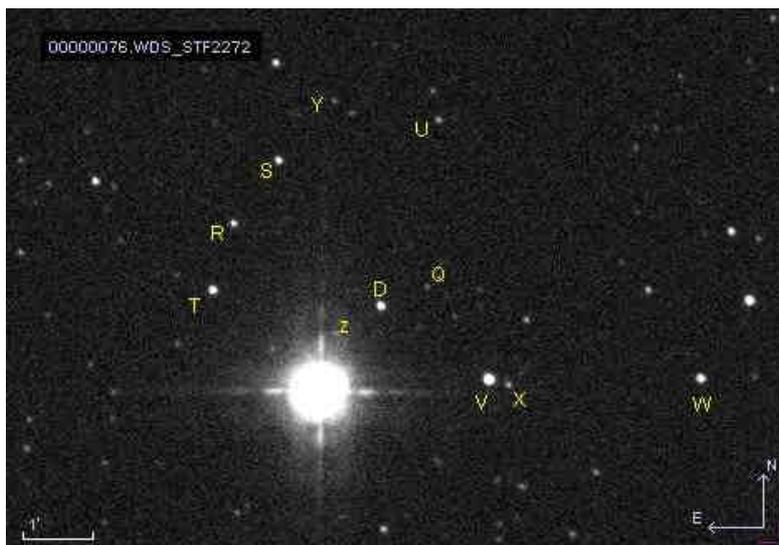
Posteriormente se optó por eliminar el reductor de focal y obtener así una relación de  $f$  8,8 que permitía ya una resolución de 1,032 "/píxel, siendo posible abordar sistemas más cerrados. En este punto y siguiendo los sabios consejos de Rafael Benavides Palencia y Juan Luis González Carballo, se había pasado a fotografiar un conjunto de 50 tomas por sistema con el objeto de promediarlas en grupos de 10 y derivar de ellos las medidas. En este período el software utilizado para la medición pasó a ser el programa Reduc v 3.38e de Florent Losse<sup>(2)</sup>.

Un serio inconveniente a destacar ha sido la lucha constante contra la aplastante contaminación luminosa del lugar de observación, que obligó en un principio a colocar frente a la cámara un filtro UHC antipolución, ya que de otro modo el sensor saturaba antes de detectar estrellas de brillo medianamente débil. Dado que este filtro imposibilita cualquier intento de hacer fotometría, me he limitado a hacer únicamente medidas astrométricas en dichas tomas, invitando al lector a consultar cualquier catálogo fotométrico para obtener unos datos mucho más fiables de los que se hubieran podido aportar aquí.

## Medidas

A continuación pasamos a mostrar el cuadro resumen de las medidas efectuadas a una resolución de 1,42 "/píxel (tablas 1 y 2), y aquellos otros sistemas obtenidos con una resolución de 1,03"/píxel (tabla 3). Igualmente, presentamos nuestra investigación acerca del curioso caso de la doble BAL 571.

No obstante, mención aparte merece el sistema STF 2722, cuyas componentes requirieron una especial atención en cuanto a su identificación, ya que debido al altísimo movimiento propio de su estrella principal (+276 msa/año en AR y -1092 msa/año en DEC) y secundaria (+442 msa/año en AR y -1253 msa/año en DEC) según datos del catálogo del Washington Double Star Catalog (en adelante WDS)<sup>(3)</sup>, resulta confusa la ubicación de las componentes a lo largo del tiempo resultando casi una tarea detectivesca. Hemos encontrado incongruencias en cuanto a la última medición aceptada en el año 2000 de la componente Z, creyendo que esta última está situada actualmente al NW de la principal, tal como se refleja en la toma hecha en Julio del 2009 (figura 1).



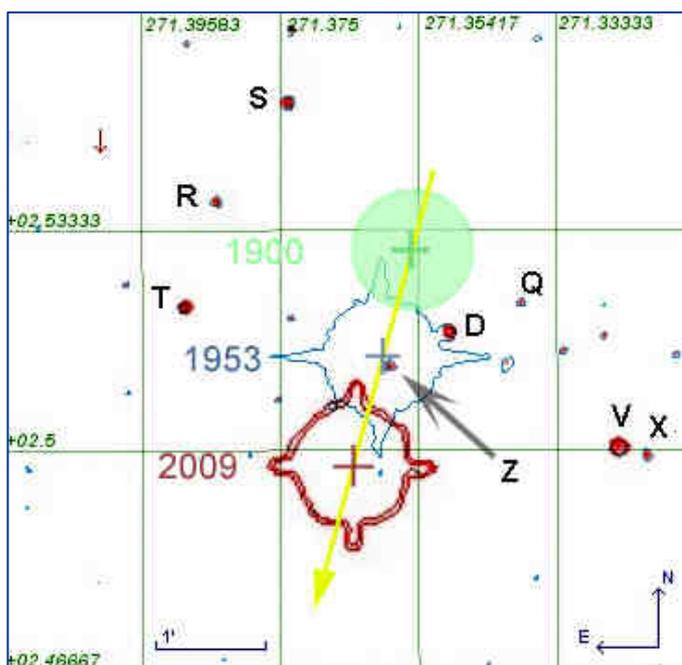
**Figura 1.** Sistema STF2272 con las componentes secundarias localizadas. Julio del año 2009.

Esto es así ya que si consideramos el siguiente gráfico de contornos (figura 2) realizado en Aladin<sup>(4)</sup>, en base a la anterior fotografía y a la toma POSSI.O-DSS2.629 del año 1953, que compara la posición relativa de la componente principal respecto a sus satélites a lo largo de las décadas, y considerando una trayectoria rectilínea hacemos una proyección en el pasado de aquella hasta el año 1900 (círculo verde), nos percatamos de que la primera medición realizada en los albores del siglo pasado puede ser correcta ( $\theta = 168^\circ$ ,  $\rho = 68,4$ ), pero no así la segunda y última realizada en el año 2000 que reflejan unos valores parecidos mientras que las posiciones relativas de ambas queda demostrado que han variado considerablemente. Se obvia el hecho de que la medida cuestionada es sobre las componentes BZ, ya que dado que A y B son una pareja muy medida y continúan estando a una distancia relativa pequeña por debajo de los 10 segundos de arco, sigue siendo válido hacer este razonamiento sobre la componente A en vez de la B. Ninguna de las fotografías presentadas en este artículo es capaz de resolver A y B por separado ya que ambas quedan ahogadas mutuamente en sus intensos brillos.

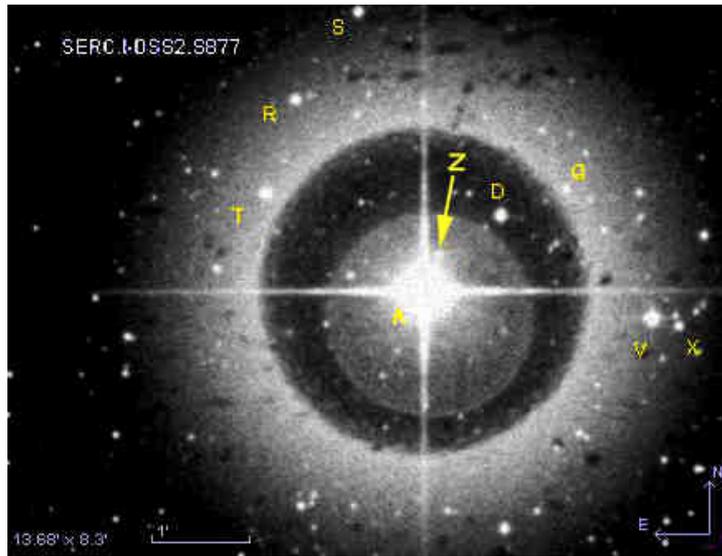
La figura 3 (página siguiente) muestra una

fotografía tomada en 1983 (SERC.I-DSS2.S877) donde se comienza a ver claramente a la componente Z reapareciendo por el NW.

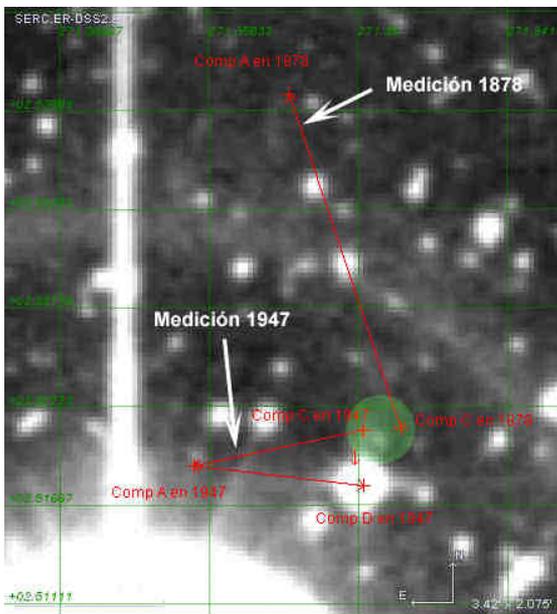
Asimismo no hemos podido localizar con certeza la componente C que se menciona en el catálogo WDS, ya que su última medición fue hecha en 1947. Para intentar localizarla hemos recurrido de nuevo a la herramienta Aladin retrocediendo en el tiempo e intentando recuperar el mismo escenario que observaron los doblistas del pasado. Hemos plasmado la primera y última observación registrada de las componentes AC hechas en 1878 y 1947 respectivamente. Considerando los parámetros de movimiento propio de A expuestos arriba y haciendo los correspondientes cálculos, las posiciones de A en aquellos años quedan reflejadas en la figura 4 y son 18h 05m 24,94s +02° 32' 23,4'' en 1878 y 18h 05m 26,21s +02° 31' 08,1'' en 1947 (J2000). Posteriormente hemos dibujado una doble flecha roja que refleja las medidas hechas de C en ambos casos. Queda claro que en la zona del círculo verde se observó una estrella de magnitud 12. No podemos explicar la no presencia de ella en fotografías recientes. Las dos únicas explicaciones plausibles quizá sean que considerando los errores de medición propios de la instrumentación de la época se haya confundido con la componente D de brillo parecido, ya que es la más cercana a la zona marcada, o bien que los valores de movimiento propio de la componente A sobre los que se han hecho los cálculos no sean correctos. Para posicionar a la componente D también se consideró el movimiento propio de ésta,



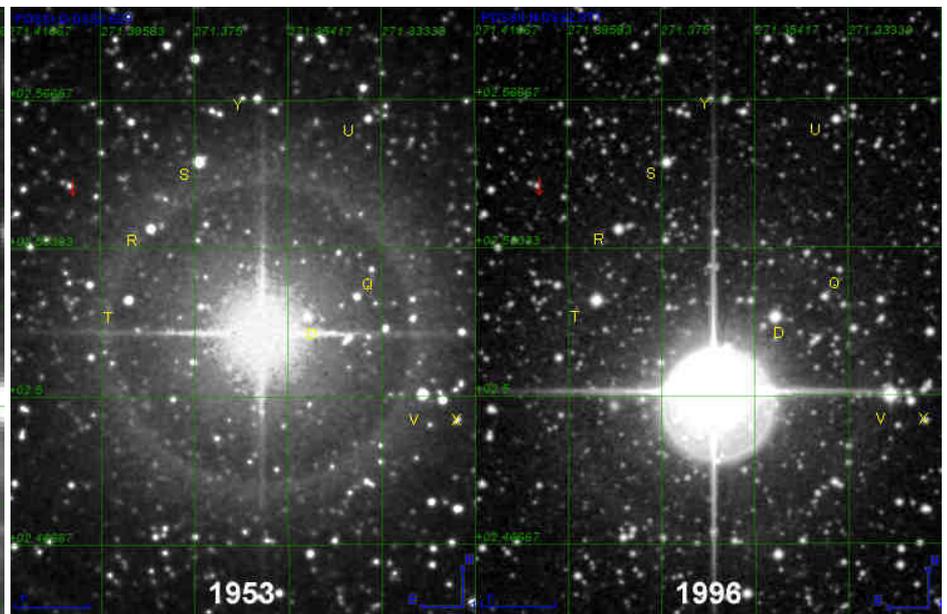
**Figura 2.** Proyección del movimiento propio de la componente A del sistema STF2272 donde se visualizan sus posiciones relativas respecto a sus satélites a lo largo de los años. Las coordenadas mostradas son para la época J2000d.



**Figura 3.** Reparación de la componente Z tras el brillo de la principal durante la década de los 80. Reparación más evidente en años posteriores.



**Figura 4.** Posiciones calculadas de C en base a las medidas astrométricas hechas en 1878 y 1947. Por cercanía, es la componente D la que podría haberse confundido con ella. Coordenadas en J2000d.



**Figura 5.** Movimiento propio aparente de las componentes AB del sistema STF2272 en relación al fondo del cielo. Nótese el nulo desplazamiento del resto de componentes a lo largo de estos años. Coordenadas J2000d.

ID. WDS	NOMBRE	COMP	ÉPOCA	RHO (")	ERR. RHO (")	THETA (°)	ERR. THETA (°)	Nº MEDIDAS
18055+0230	STF2272	AD	2009,562	91,07	0,15	324,83	0,12	3
18055+0230	STF2272	AQ	2009,562	129,30	0,10	314,60	0,10	3
18055+0230	STF2272	AR	2009,562	162,73	0,15	26,60	0,10	3
18055+0230	STF2272	AS	2009,562	202,63	0,12	9,87	0,06	3
18055+0230	STF2272	AT	2009,562	126,43	0,12	45,83	0,06	3
18055+0230	STF2272	AU	2009,562	255,50	0,26	336,53	0,06	3
18055+0230	STF2272	AV	2009,562	145,00	0,20	274,43	0,06	3
18055+0230	STF2272	AY	2009,562	250,53	0,21	357,00	0,10	3
18055+0230	STF2272	AZ	2009,562	51,77	0,25	344,68	0,46	3
18055+0230	STF2272	VT	2009,562	247,53	0,06	71,90	0,00	3
18055+0230	STF2272	VW	2009,562	180,43	0,06	270,20	0,00	3
18055+0230	STF2272	VX	2009,562	16,77	0,15	255,10	0,85	3

**Tabla 1.** Medidas del sistema obtenidas en 2009.

que según notas del catálogo WDS es de -2 msa/año en AR y de +2 msa/año en DEC, lo que lo hace despreciable para este margen de tiempo.

Asimismo, hemos de remarcar la confusión propiciada por el catálogo CCDM<sup>(5)</sup> donde se hace referencia a una componente P medida en el año 1925. Tampoco la hemos podido localizar, creyendo que quizá pudiera tratarse de la misma componente D mencionada arriba, aunque no podemos asegurarlo.

Por último, y como medio más gráfico de comprender todo lo expuesto proponemos la observación de la siguiente secuencia (figura 5, página anterior) compuesta por las tomas POSSI.O-DSS2.629, ya mencionada del año 1953, y la POSSIL.N-DSS2.877 del año 1996, disponibles ambas en Vizier<sup>(6)</sup>. En ella se aprecia con claridad el gran movimiento propio de las componentes principales (englobamos a A y B), así como el casi nulo de las satélites. La imagen lleva a pensar en un posible desligamiento físico entre los dos grupos y efectivamente, en nota NODP del catálogo WDS se advierte que los pares AC, AD, AR, AS, AT, AU, AV son pares ópticos basándose en estudios de movimientos relativos de las componentes.

Las mediciones realizadas a este sistema, correspondientes a 2009, pueden verse en la tabla 1 (página anterior).

## Conclusión

La elaboración del presente artículo ha supuesto un buen ejercicio de práctica con los catálogos y herramientas utilizados, y ha permitido profundizar en el conocimiento de los problemas asociados a la recopilación de datos astronómicos a lo largo de la historia.

Este trabajo ha hecho uso del *Washington Double Star Catalog* mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos, <http://ad.usno.navy.mil/wds>.

También se hizo uso de CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg) y sus herramientas asociadas para la consulta on-line de una gran cantidad de catálogos: <http://cds.ustrasbg.fr>. ©

## Referencias

- Software Bisque, Inc. 912 12th Street, Golden, Colorado 80401-1114 USA. <http://www.bisque.com/sc/>
- Florent Losse. Reduc v 3.38e. <http://astrosurf.com/hfosaf/>
- Mason B.D., Wycoff G.L., Hartkopf W.I., Douglass G.G., Worley C.E. The Washington Visual Double Star Catalog (WDS). <http://ad.usno.navy.mil/wds/>. Disponible en el CDS, <http://cds.ustrasbg.fr>.
- <http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>. Herramienta del CDS, Centre de Données astronomiques de Strasbourg, <http://cds.ustrasbg.fr>.
- Dommanget J., Nys O. Catalog of Components of Double & Multiple stars (Dommanget+ 2002). Disponible en el CDS, <http://cds.ustrasbg.fr>.
- <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>. Herramienta del CDS, Centre de Données astronomiques de Strasbourg, <http://cds.ustrasbg.fr>.
- Roeser, S., Schilbach, E., Schwan, H., Kharchenko, N.V., Piskunov, A.E., Scholz, R.-D. PPMX Catalog of positions and proper motions (Roeser+ 2008). Disponible en el CDS, <http://cds.ustrasbg.fr>.
- Droege T.F., Richmond M.W., Sallman M. TASS Mark IV patches photometric catalog, version 2 (Droege+, 2007), <http://www.tass-survey.org/>. Disponible en el CDS, <http://cds.ustrasbg.fr>

ID. WDS	NOMBRE	COMP	ÉPOCA	RHO (")	ERR. RHO (")	THETA (°)	ERR. THETA (°)	Nº MEDIDAS
15455+0402	BU 240	AC	2009,501	30,55	0,10	33,73	0,70	3
19476+0105	ENG 67	AB	2009,501	96,39	0,09	111,43	0,04	3
18310+0123	FOX 232	AC	2009,501	37,30	0,06	237,97	0,32	3
19367-0117	J 118	AB	2009,501	44,76	0,36	163,32	0,70	3
18301+0404	STF2322	AB	2009,501	19,81	0,09	171,82	0,19	3
18301+0404	STF2322	AC	2009,501	67,69	0,16	294,97	0,03	3
18301+0404	STF2322	AD	2009,501	85,34	0,08	196,80	0,01	3
18356+0456	STF2342	AC	2009,501	33,54	0,17	3,71	0,13	3
19188+0020	STFA 40	AB	2009,501	424,44	0,15	315,92	0,03	3
19188+0020	STFA 40	AC	2009,501	48,98	0,14	165,73	0,71	3
19188+0020	STFA 40	BD	2009,501	60,77	0,05	297,97	0,18	3
18121+0207	BAL1957	AB	2009,562	8,43	0,21	231,40	0,95	3
16407-0009	STF 2076	AB	2009,562	9,03	0,31	322,83	0,95	3
16406+0413	STFA 31	AB	2009,562	69,43	0,06	229,60	0,00	3
16406+0413	STFA 31	BC	2009,562	25,63	0,15	315,83	0,25	3
17320+0249	STT 331	AC	2009,562	50,63	0,06	239,60	0,17	3
18128+0549	STT 345	AC	2009,562	86,70	0,10	199,10	0,00	3

Tabla 2. Astrometría relativa de los sistemas observados con una resolución de 1,42"/píxel.

ID. WDS	NOMBRE	COMP	ÉPOCA	RHO (")	ERR. RHO (")	THETA (°)	ERR. THETA (°)	Nº MEDIDAS
21467+0007	CHE 323	AB	2009,652	28,80	0,66	316,36	0,60	5
18484+1524	J 2150	AB	2009,649	19,90	0,20	33,00	0,42	3
18413+0433	J 2143	AB	2009,649	15,02	0,08	317,80	0,68	5
20514+0524	TOB 313	AB	2009,649	20,80	0,10	129,77	0,06	3
20591-0215	BAL 260	AB	2009,649	9,01	0,16	99,82	0,97	7
21098-0232	BAL 261	AB	2009,649	8,97	0,26	192,47	1,56	6
21070-0435	BRT 512	AB	2009,649	4,80	0,42	62,40	1,14	5
21145+0441	BU 682	AC	2009,649	92,37	0,15	179,23	0,08	7
21126+0437	HJ 3013	AB	2009,649	10,98	0,38	118,82	1,21	4
20578-0510	J 1714	AB	2009,652	10,23	0,07	94,96	1,17	7
21116-0307	STF 2770	AB	2009,649	7,52	0,19	247,01	0,50	3
21147-0050	STF 2775	AB-C	2009,649	21,36	0,09	177,88	0,11	5
21147-0050	STF 2775	AB-D	2009,649	170,24	0,19	199,58	0,04	5
21147-0050	STF 2775	DE	2009,649	74,48	0,08	125,36	0,05	5
21147-0050	LYS 39	FG	2009,649	20,10	0,14	11,06	0,25	5
08517-0647	BU 407	AC	2010,110	91,49	0,26	164,54	0,44	5
08425-0830	H 6 107	AB	2010,110	93,28	0,16	150,95	0,13	5
08379-0648	HJ 99	AB	2010,110	61,17	0,41	175,99	0,12	5
08508-0510	J 1534	AB	2010,110	8,77	0,07	120,22	2,13	4
21483-0058	BAL 626	AB	2010,611	29,42	0,20	290,59	0,27	8
23096+0045	LMP 23	AB-C	2010,611	242,05	0,16	87,11	0,02	5
18534+0323	STF2413	AB	2010,611	10,11	0,04	199,49	0,04	5
19336-0411	STF2537	AB	2010,611	20,38	0,11	140,73	0,21	6
20144-0603	STF2646	AB	2010,611	18,30	0,11	39,18	0,33	5
20297+1018	STF2686	AB	2010,611	25,92	0,04	278,00	0,12	4
19233+0931	STF2510	A-BC	2010,611	8,71	0,04	181,28	0,18	4
10509-0410	HJ 169	AC	2010,249	12,62	0,06	328,76	0,79	4

Tabla 3. Astrometría relativa de los sistemas observados con una resolución de 1,03"/píxel.

## El curioso caso de BAL 571

Se ha intentado medir el sistema BAL 571 cuya primera y única medición fue hecha en 1892 por Baillaud, pero de nuevo tropezamos con un problema de identificación. También aquí nos encontramos con una imagen actual que difiere mucho de la medida registrada. Según los datos del WDS, Baillaud midió 13,1" de separación de la secundaria y un ángulo de posición de 69°. Sin embargo, la localización de A no ofrece dudas, encontrándose una estrella en la posición 17h 04m 52,93s -02° 00' 01,8" (J2000); en cambio, la posible secundaria se halla mucho más alejada, habiéndose medido una separación de 90,64" y un ángulo de posición de 13,78°. En la figura 6 mostramos la imagen POSSILN-DSS2.874 tomada en 1995 donde se han dibujado los vectores de los movimientos propios en color azul y de nuevo se ha hecho una proyección hacia el pasado de 103 años (1995-1892), tomando como valores de movimiento propio (-114; -56) msa/año (según datos del WDS) para la principal y (-23,80; +38) msa/año para la secundaria (según datos del catálogo PPMX<sup>7</sup>), quedando una posición de 17h 04m 53,70s -01° 59' 56,0" para la principal y de 17h 04m 54,56s -01° 58' 38,1" (J2000) para la posible secundaria en el año 1892. Haciendo la astrometría relativa de ambas posiciones (marcada con la doble flecha de color verde) medimos unos valores de 78,36" de separación y 9,2° de ángulo de posición, valores muy distintos a los medidos por Baillaud. Sin embargo, a favor de la posible candidata a secundaria hemos de decir que es la única estrella en el campo que cumple la condición de mantener una diferencia de magnitud en visual de aproximadamente 1 unidad (magnitudes V, 11,278 y 12,302 respectivamente según el catálogo Tass Mark IV<sup>8</sup>), tal como midió el astrónomo francés (10,9 y 11,9 respectivamente). ¿Qué ha podido ocurrir? Nos faltan datos para saberlo, por lo que no podemos asegurar que los valores medidos sean en absoluto fiables, invitando desde estas líneas al lector interesado a una discusión o futuro estudio sobre el sistema. De todas formas exponemos a continuación (tabla 4, página siguiente) los valores medidos sobre fotografías propias hechas en el año 2010, suponiendo la componente secundaria la marcada en la figura 6 (página siguiente).

ID. WDS	NOMBRE	COMP	ÉPOCA	RHO (")	ERR. RHO (")	THETA (°)	ERR. THETA (°)	N° MEDIDAS
17049-0200	BAL 571	AB	2010,381	90,64	0,10	13,78	0,16	4

Tabla 4. Astrometría relativa para BAL 571.

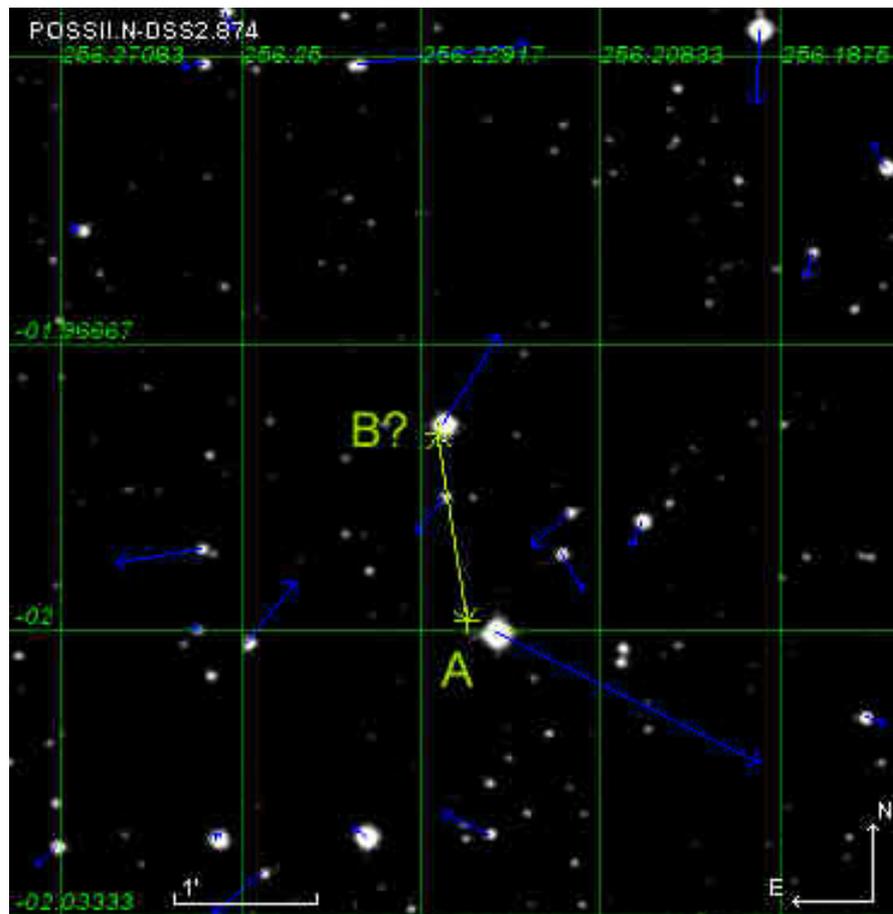


Figura 6. Posiciones relativas de la componente A y probable B del sistema BAL 571 en el año 1892 señaladas por la doble flecha verde. Fotografía del año 1995. Coordenadas J2000d.

# Medidas de estrellas dobles en el Observatorio Astronómico Vecindario

Israel Tejera Falcón

■ Astroeduca, <http://www.astroeduca.com>

■ correo-e: [twilightallehouse@hotmail.com](mailto:twilightallehouse@hotmail.com)

Presentamos la primera lista de medidas de estrellas dobles realizadas en el Observatorio Astronómico Vecindario (sureste de la isla de Gran Canaria). Las medidas aportadas corresponden a estrellas dobles abandonadas (neglected) extraídas del catálogo WDS.

We present the first list of double-star measurements made at Observatorio Astronómico Vecindario (southeast of Gran Canaria island). The contributed measures correspond to neglected double stars extracted from the WDS catalog.

## Introducción

LA MEDICIÓN DE ESTRELLAS DOBLES con los dispositivos y los medios de que disponemos los aficionados en nuestros días es una disciplina fácilmente abarcable aunque, como en todo, sería recomendable tener unas nociones previas. En pocas palabras, debemos comprender qué estamos midiendo y, sobre todo, si los datos obtenidos entran dentro de los parámetros normales para la binaria que estamos observando.

El dispositivo que ha hecho posible que los aficionados tengamos mucho que decir en este sentido es la cámara CCD. En un principio, se trataban de dispositivos muy caros con unos valores de ruido de lectura altos. Hoy en día, disponemos de CCDs con sensores con un tamaño y precio razonables. Además, la irrupción de los sensores Sony en el mercado, que proporcionan un ruido de lectura bajo a unos precios asequibles, sobre todo si los comparamos con los sensores Kodak, han dado como resultado que los aficionados podamos disponer de dispositivos de medida muy fiables. Por otra parte, aunque no es imprescindible, ayudaría bastante el disponer de una montura computerizada. Con esto se acortaría bastante el tiempo de búsqueda de la doble a medir, sobre todo en el caso de que se halle en un lugar muy poblado de estrellas de parecida magnitud, lo cual por experiencia propia puede llegar a ser una tortura. Respecto al tubo óptico, sería recomendable un diámetro que nos proporcione una resolución máxima en combinación con nuestra CCD sin que el seeing nos limite demasiado, siendo este último bastante trivial. Se trata de tener un telescopio que nos permita utilizarlo por lo menos el 70% de las noches. Para valorar este factor sería aconsejable conocer el seeing “medio” del lugar de observación, hacer números y adquirir el equipo adecuado.

¿De qué nos serviría un instrumento de 16” utilizable tres noches al año?

Sin duda, disponemos de gran variedad y, lo más importante, cada vez menos excusas para no dedicar, por lo menos un par de noches a medir dobles.

En ésta, mi primera intervención en la revista “El Observador de Estrellas Dobles”, aporté una serie de estrellas “neglected” antes de lanzarme de lleno a la “Campaña Lacerta” enmarcada dentro del proyecto SEDA-WDS (<https://sites.google.com/site/sedawds/>). Puede decirse, que ha sido un apasionante y divertido período de aprendizaje.

El equipo que he empleado consta del telescopio Celestron CPC XLT 11” (diámetro 280 mm, f/ 10) en modo ecuatorial, que me ha proporcionado una calidad de apuntado notable a la hora de centrar los objetos. La CCD empleada es una de las primeras unidades que salieron al mercado hace algunos años (ahora descatalogadas), la Orion DSSI en color, a la cual le he sustituido personalmente el sensor por su equivalente monocromo. Asimismo, consta de un circuito de refrigeración diseñado e instalado por mis propios medios, dando como resultado una CCD más sensible y mejor refrigerada que en su versión original (figura 1, página siguiente).

El software empleado para la reducción de las imágenes ha sido Reduc, de Florent Losse, como no podía ser de otra manera.

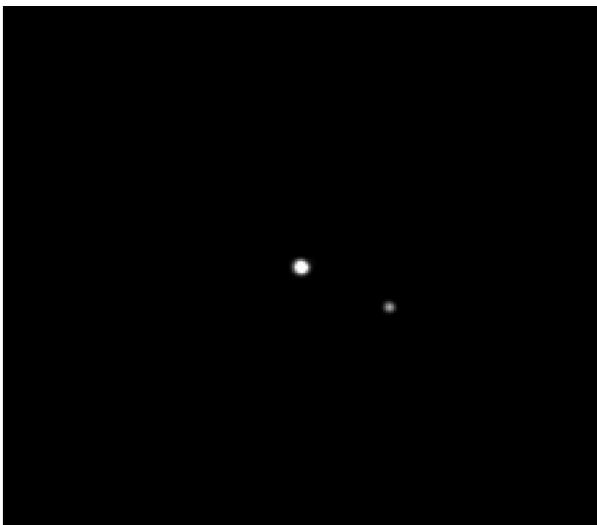
## Calibración

Para la calibración del equipo se utilizó el sistema fijo STF2985AB (WDS 23100+4758), realizándose



**Figura 1.** Modificaciones realizadas por el autor sobre la cámara Orion DSSI. El chip en color original de la cámara (ICX 259AK) se sustituyó por el monocromo ICX 259AK, con el mismo patillaje y características. El tamaño de píxel es de 6,5x6,25 micras. El sistema de refrigeración añadido consiste en una célula Peltier de buen tamaño a 12 voltios y un ventilador de PC en la parte posterior.

se tomas CCD al principio y al final de la sesión de observación (figura 2). Las medidas promediadas de este par de calibración sirvieron para obtener la rotación de la cámara con respecto al cielo y la constante de placa. Los resultados fueron: rotación =  $-4,17^\circ$  y escala de placa =  $0,47775''/\text{píxel}$ .



**Figura 2.** STF2985AB, sistema usado como referencia para la calibración del equipo.

## Medidas

Todas las imágenes fueron capturadas la noche del 21 de agosto de 2010 en el Observatorio Astronómico Vecindario, enclavado en un margen la localidad de Vecindario (sureste de la isla de Gran Canaria). Esta parte de la isla queda al abrigo de la capa de estratocúmulos casi perenne que predomina en el norte, lo cual me brinda un número bastante agradecido de noches despejadas al año. Asimismo, está resguardado de los vientos del Norte-Noreste (Alisios), con un relieve llano, procurándome una probabilidad de noches de seeing 3-4/5 en torno al 60-70%. Estimo que en este último año he disfrutado de seeing 5/5 unas 10 noches. Respecto a la transparencia, rara vez alcanza el valor 4/5. Esto es completamente normal dentro de un ambiente urbano donde suele haber mucha humedad (Skyglow); la transparencia habitual es 2-3/5, siendo el valor 3 el predominante.

Las medidas correspondientes (21 en total) se listan en la tabla 1 (página siguiente), en el formato de reporte habitual. En la columna *Notas* se incluye un índice que apunta a los oportunos comentarios sobre una estrella doble en particular, así como a una imagen del par estudiado.

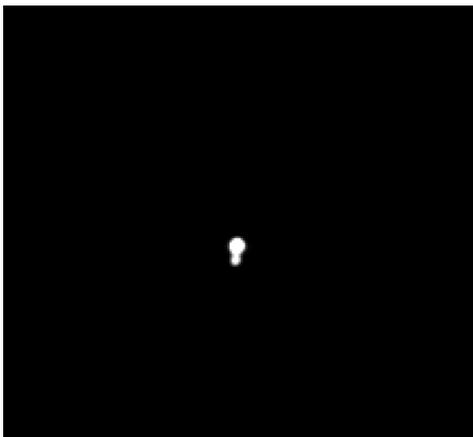
WDS ID.	DESCUBRIDOR	MAG A	MAG B	ÉPOCA	THETA	RHO	NOCHES	NOTAS
21047+0332	STF2749A-BC	8,06	10,2	2010,6368	178,14	3,060	1	1
22045+1551	BU696AC	7,95	8,96	2010,6368	322,16	63,479	1	2
22045+1551	BU 696AE	7,95	10,02	2010,6368	316,00	121,742	1	2
22045+1551	BU 696CE	8,96	10,02	2010,6368	32,59	84,769	1	2
22421-0506	HN 140AB	6,71	9,3	2010,6368	266,73	61,906	1	3
23096+0045	LMP 23AB-C	9,83	10,64	2010,6368	87,05	242,771	1	4
23279+1018	ROE 136	11,9	12	2010,6368	269,76	7,259	1	5
21050+1243	SLE 518AD	8,96	10,49	2010,6368	279,70	16,012	1	6
21047+0332	STF2749A-BC	8,06	9,36	2010,6368	177,45	2,986	1	7
21047+0332	SE 3AD	8,06		2010,6368	78,47	115,205	1	7
22098+0800	HJ 955	10,3	10,3	2010,6368	139,44	9,857	1	8
23292+0049	HJ 3195	11,63	12,31	2010,6368	99,22	15,041	1	9
23232+1226	HJ 3188AB	8,88	11,57	2010,6368	252,61	21,971	1	10
23067-0412	HJ 978	9,21	10,71	2010,6368	288,97	14,931	1	11
23165-0044	BAL 636	10,3	10,4	2010,6368	31,23	16,662	1	12
23011+0522	BAL2987	10,28	11,9	2010,6368	23,13	15,391	1	13
23479+1703	STF3041AB	8,35	8,36	2010,6368	357,59	57,094	1	14
23479+1703	STF3041BC	9,05	9,18	2010,6368	358,53	2,869	1	14
23276+1638	STF3012AB	9,47	9,82	2010,6368	188,1	2,893	1	15
23276+1638	STF3012AC	9,47	8,51	2010,6368	63,88	54,065	1	15
23276+1638	STF3013CD	8,51	10,2	2010,6368	276,1	3,124	1	15

Tabla 1. Astrometría relativa de los pares observados.

## Notas

En las imágenes que se acompañan el Norte está arriba y el Este a la derecha.

**1. STF2749A-BC.** Tal y como se aprecia en la toma, sólo se distingue un “apretado” par. Si comparamos con los datos de WDS, se aprecia claramente que mis medidas se aproximan bastante a las que se obtuvieron en 2003 del sistema A-BC. Incluso la diferencia de magnitudes resulta bastante similar (1,3 frente a 1,36). Del sistema AC ni rastro. La duda queda en el aire: puede tratarse de una confusión y ambas medidas se refieren al mismo sistema o quizás queda una componente por confirmar muy cercana a la estrella principal.



**2. BU 696 AC.** Delta-m 0,67. BU 696AE. Delta-m = 1,9. BU 696CE. Delta-m = 1,23.

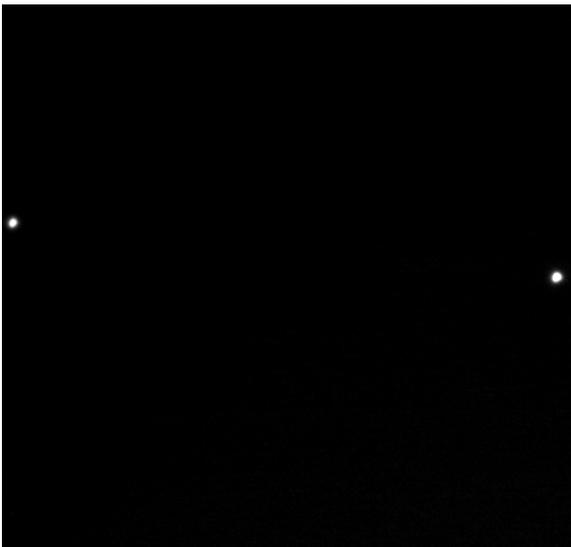


**3. HN 140AB.** Se trata de un sistema de tres componentes. En este caso, aportó las medidas del sistema AB, ya que la 3ª componente, al estar muy separada, quedó fuera del campo abarcado por la CCD. Delta-m

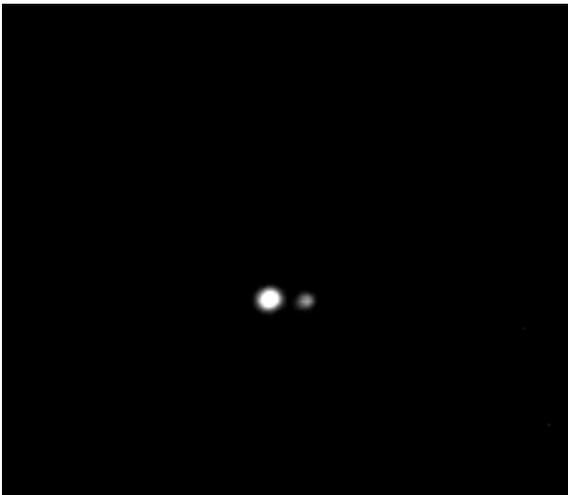
= 32,78.



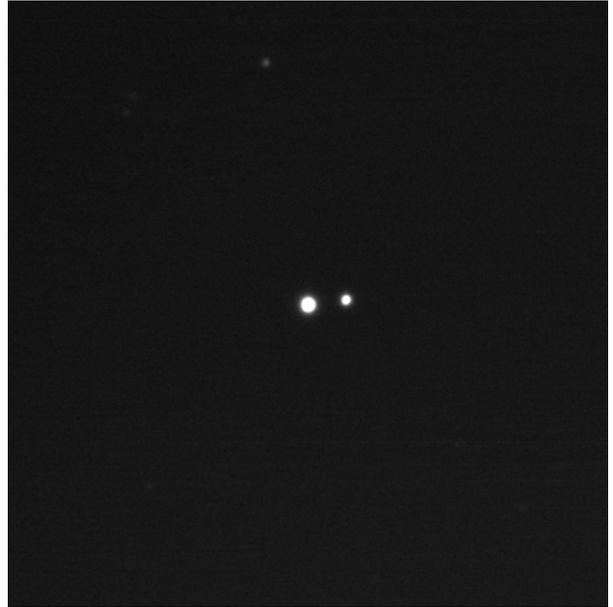
**4. LMP23AB-C.** El sistema AB es demasiado cerrado y no resoluble por el instrumental empleado. Respecto al sistema AB-C, pude encuadrarlo por los pelos...  
Delta-m = 0,74.



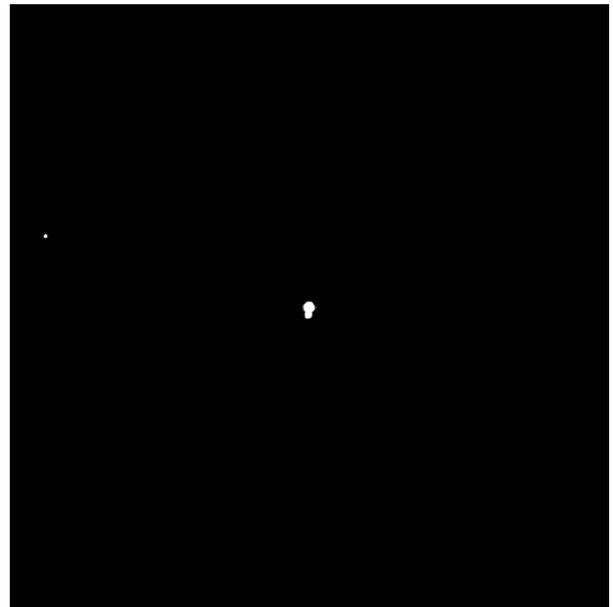
**5. ROE 136.** Bonito y asequible par. Delta-m = 1,24.



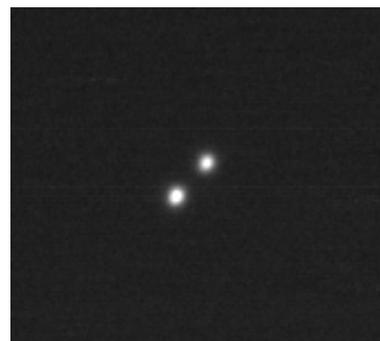
**6. SLE 518AD.** Delta-m = 1,67.



**7. STF2749A-BC y SE 3AD.** En el catálogo WDS me encuentro con estos dos sistemas que comparten las mismas coordenadas, parece ser que he recuperado un sistema medido solamente en 1920. Delta-m para STF2749A-BC: 1,35. Delta-m para SE 3AD: 3,37.



**8. HJ 955.** Pareja bastante atractiva y equilibrada.  
Delta-m = 0,25.



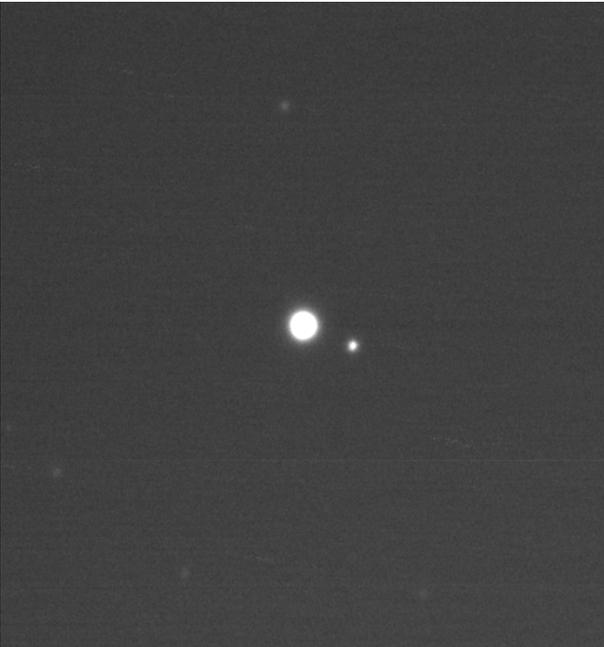
9. HJ 3195. Delta-m = 0,81.



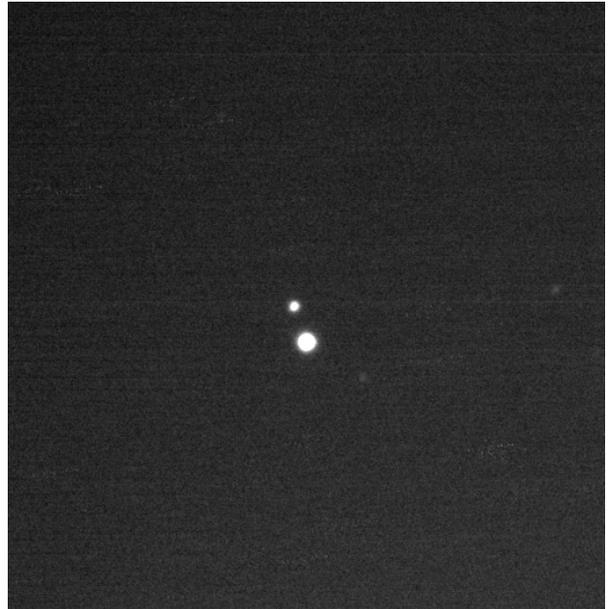
12. BAL 636. Delta-m = 1,52. En mis imágenes B es más brillante.



10. HJ 3188AB. Delta-m = 4,04.



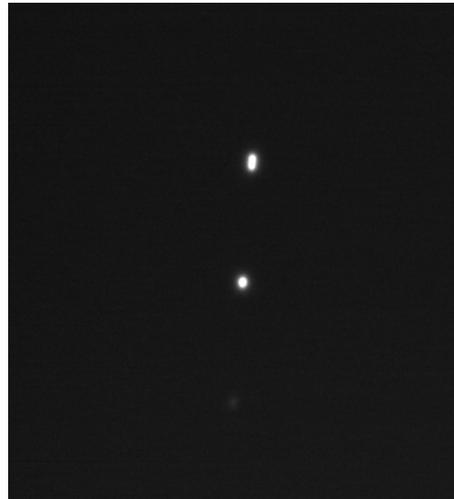
13. BAL2987. Delta-m = 2,5.



11. HJ 978. Delta-m = 1,49.



14. STF3041AB. Delta-m = 0,28. STF3041BC. Delta-m = 0,06.



15. STF3012AB. Delta-m = 0,38. STF3012AC. Delta-m = 1,19. STF3013CD. Delta-m = 1,25.



## Agradecimientos

En este trabajo se usó el *Washington Double Star Catalog (WDS)* mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos.

En este trabajo se usó el software de reducción *Reduc* de Florent Losse: <http://www.astrosurf.com/hfosaf/> ©

# Nuevo sistema binario en la constelación de Acuario: 2MASS 21111961-0306029 y 2MASS 21111985-0306056

Margarita Granado Sánchez-Toscano

- Agrupación Astronómica de Sabadell
- correo-e: mgranados41@ono.com

Ángel Otero Garzón

- Agrupación Astronómica de Sabadell
- correo-e: garaote@telefonica.net

En este artículo se presenta y expone un estudio preliminar de un candidato a nuevo sistema binario descubierto en la constelación de Acuario. La relativa escasa información disponible de las estrellas que lo componen hacen de él un atractivo objeto para futuras investigaciones.

A new binary system candidate in Aquarius and a preliminary description is presented in this paper. The relative poor information available turns this system an attractive target for future research works.

## Introducción

RESULTA CURIOSO OBSERVAR cómo la torpeza y la suerte del principiante se confabulan a veces para llegar a desenlaces inesperados. Como es habitual en estos casos, un rosario de casualidades condujeron a que un día me dijeran que posiblemente había descubierto una nueva estrella doble. La incredulidad inicial dejó paso a la sorpresa y el asombro que supone el que una aprendiz que acababa de aterrizar en esta parcela de nuestra afición pudiera conseguir tal cosa. Un buen día, sentada ante mi ordenador e intentando hacer una práctica de medición del par STF 2770 en la constelación de Acuario, la inexperiencia me llevó a pensar que la componente secundaria se me había “perdido” en mi fotografía, sin suponer que en realidad estaba oculta tras el brillo excesivo de su hermana mayor. Y como recurso ya común entre los astrónomos aficionados, lo siguiente fue consultar las imágenes del CDS de Estrasburgo para hacer un parpadeo y tratar de resolver mi misterio, por si la componente perdida se hubiera desplazado de posición a lo largo de los años. No conseguí tal propósito, pero como el ojo humano es una magnífica herramienta incluso de soslayo, destacó en la esquina izquierda de la imagen un par de estrellas muy juntas y diminutas que saltaban insistentemente y al unísono de un punto a otro de la pantalla como si entre las dos quisieran llamar mi atención. Me hizo gracia lo simpático del detalle y por curiosidad busqué sus nombres en mi planetario y en el catálogo WDS, dando por sentado que se trataba de un sistema doble más que estudiado. Pero mi sorpresa fue que no pude encontrar tales nombres, al menos como sistema

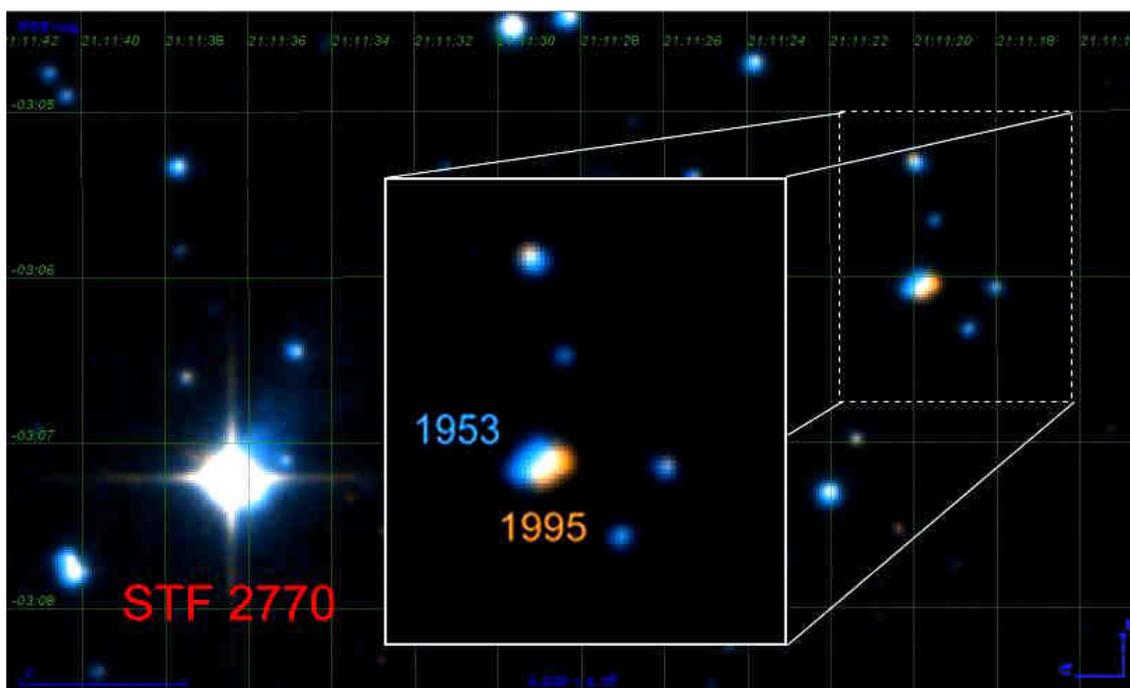
doble. Pensando que era mi ignorancia la que no conseguía hallarlos, consulté a Rafael Benavides como experto en este campo y al poco tiempo me contestó que él tampoco los encontraba, sugiriéndome consultar con Francisco Rica y Ángel Otero sobre el asunto. Y entonces llegó la sorpresa.

De este modo tan fortuito llegué a saber que las estrellas nombradas como *2MASS 21111961-0306029* y *2MASS 21111985-0306056*<sup>(1)</sup> podrían ser en realidad las componentes de un sistema binario no catalogado todavía. Sus coordenadas precisas son (J2000): AR = 21h 11m 19,61s y DEC = -03° 06' 2,9'' y a partir de ahora podríamos denominarlo provisionalmente en este trabajo como MGS 1, atendiendo a las iniciales de la persona que suscribe.

Dado que mis conocimientos en Astrofísica son prácticamente nulos, he preferido razonar en lo posible las propiedades de este sistema desde un punto de vista básico y simplificado, confiando en que los que estén en mi misma situación me comprendan sin mucho esfuerzo, y a la vez con la esperanza de no cometer demasiadas inexactitudes o errores graves. Si fracaso, al menos me quedará la satisfacción de haber aprendido algo en el transcurso de su desarrollo y sobre todo la de haber ganado la amistad de todos los que me han ayudado a hacerlo.

## Cinemática. Movimientos propios

El parpadeo realizado aquel día puso de mani-



**Figura 1.** Superposición de dos imágenes del DSS separadas entre sí 42 años, donde se evidencia el movimiento propio común de la pareja estudiada.

fiesto el importante movimiento propio de ambas componentes, evidente en el transcurso de sólo unas pocas décadas. Basta con observar las dos imágenes del DSS superpuestas correspondientes a los años 1953 y 1995 respectivamente (figura 1).

Sabemos que la distancia recorrida por un objeto en movimiento, supuestamente a velocidad constante, es directamente proporcional al tiempo que tarda en recorrer esa distancia, siendo la constante de proporcionalidad la propia velocidad que lleva. En realidad, no es más que la interpretación de la fórmula “Espacio = Velocidad x Tiempo”. Si representáramos este movimiento sobre un sistema de coordenadas cartesianas, en el que en el eje abscisas mostráramos el tiempo transcurrido, y en el de ordenadas el trayecto recorrido, tendríamos una recta con una pendiente que no es otra que la propia velocidad del objeto, es decir, la ya mencionada constante de proporcionalidad. A mayor velocidad, mayor pendiente y viceversa. Pues bien, al representar las ascensiones rectas (AR, espacio) de una estrella en movimiento a lo largo de los años (tiempo) dibujaríamos una recta cuya pendiente no es otra que el movimiento propio (o velocidad en AR) de dicha estrella. A efectos prácticos se mide en milisegundos de arco/año (msa/año). Lo mismo podríamos hacer con su desplazamiento en declinación (DEC). Así pues,

midiendo la variación experimentada por estos valores a lo largo del rango de tiempo estudiado tenemos los valores mostrados en la Tabla 1.

Existe otra representación del movimiento propio de un objeto, y es cuando se visualizan y comparan en un mismo gráfico la AR recorrida en función de su DEC. En este caso, cada punto representa un momento en el tiempo, una época o año, y si hemos vigilado dicho objeto a lo largo de un periodo prolongado, aparecerá ante nosotros una muestra de puntos que nos mostrará cómo ha transcurrido su devenir. Ahora apliquemos la idea a una pareja de estrellas que parecen caminar juntas. Tendremos dos dispersiones con valores posicionales concordantes y con un paralelismo notable que reflejan de forma visual poseer un movimiento propio común (MPC).

En la figura 2 (página siguiente) vemos que existe una cierta dispersión en las medidas debido a los diferentes catálogos y métodos utilizados, los cuales pueden ser consultados en la Tabla 2 (página siguiente).

### Astrometría relativa

Para la determinación de la separación angular Rho (en segundos de arco) y el ángulo de posición

TABLA 1. MOVIMIENTOS PROPIOS PARA MGS 1				
Componente	m (a) (msa/año)	Error m (a) ±	m(d) (msa/año)	Error m(d) ±
Primaria	-100	5	-30	5
Secundaria	-110	5	-30	5

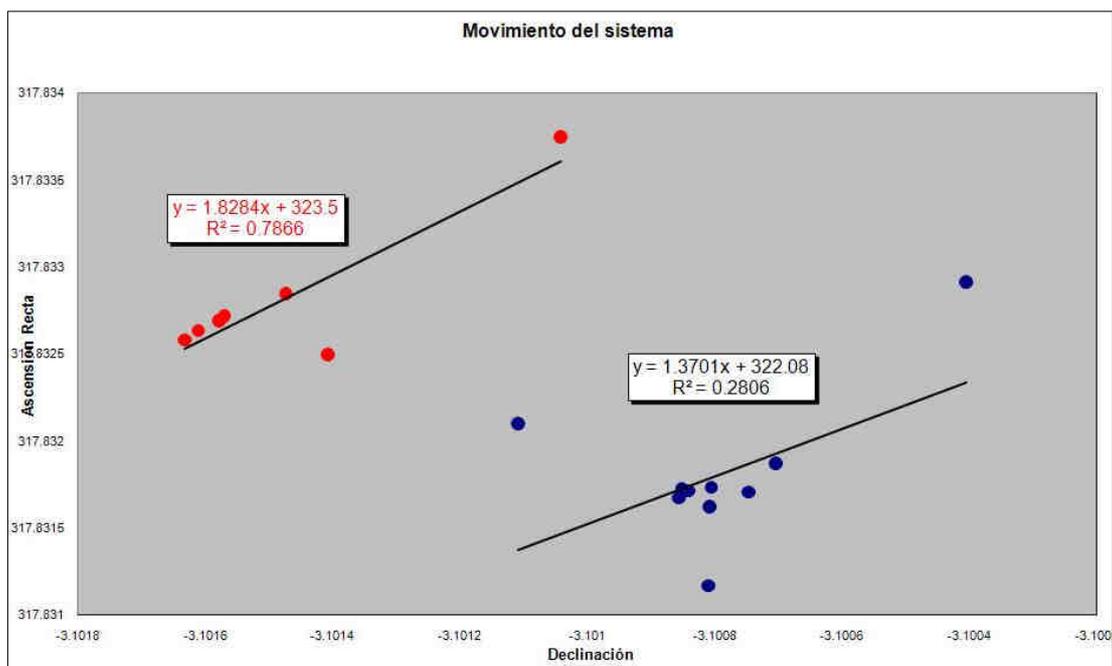


Figura 2. Variación de las AR en función de sus correspondientes DEC para cada una de las componentes de MGS 1 a lo largo del período estudiado.

- Componente principal
- Componente secundaria

TABLA 2. MÉTODOS USADOS Y ASTROMETRÍA PARA MGS 1

Componente	Método	AR (Decimal)	DEC (Decimal)
Primaria	DSS	317,832917	-3,100406
	USNO-B1	317,832103	-3,101109
	PPMXL	317,831729	-3,100852
	DSS	317,831708	-3,100747
	DENIS	317,831875	-3,100705
	2MASS	317,831736	-3,100806
	2MASS	317,831625	-3,100808
	CMC14	317,831674	-3,100857
	3UCAC	317,831169	-3,100811
	PPMX	317,831716	-3,100842
Secundaria	DSS	317,833750	-3,101042
	DSS	317,832500	-3,101408
	DENIS	317,832850	-3,101474
	2MASS	317,832720	-3,101570
	2MASS	317,832583	-3,101633
	CMC14	317,832636	-3,101611
	3UCAC	317,832692	-3,101578

TABLA 3. ASTROMETRÍA RELATIVA PARA MGS 1

ÉPOCA	MÉTODO	THETA (°)	RHO (")
1953,680	Imagen DSS	127,3	3,71
1996,681	DENIS	128,3	4,46
1998,732	Imagen 2MASS	129,0	4,63
1999,229	CMC-14	128,1	4,39
<b>2000,590</b>	3UCAC	127,6	4,52

Theta (en grados) se usaron las mediciones anteriores procedentes todas ellas de catálogos e imágenes de Internet abarcando diferentes épocas desde el año 1953 hasta el 2000. En el caso de las imágenes se utilizó el software de medición Fv. Los resultados se visualizan en la Tabla 3.

### Clasificación espectral

Todo haz luminoso procedente de una estrella puede ser descompuesto en las diferentes radiaciones que lo componen al hacerlo pasar por un medio óptico, dando lugar a su espectro característico, ligado estrechamente a sus propiedades físicas, composición y temperatura. Esto es la base de la espectroscopía estelar. Los espectros estelares se caracterizan por ser una secuencia continua de colores (recordemos el arco iris con su fantástico despliegue de matices) ordenados siempre de la misma forma pero con mayor o menor intensidad en cada color (lo que se denomina *Distribución Espectral de Energías*) dependiendo de las características individuales de cada estrella, salpicados con

bandas perpendiculares más o menos estrechas, oscuras o brillantes, debiéndose éstas a la composición química particular del astro. Agrupando empíricamente los espectros parecidos entre sí, los astrónomos del Observatorio de Harvard en EEUU, vinieron a crear a principios del siglo XX las siete clases espectrales que todos conocemos. Dejando aparte esta pequeña reseña histórica, la pregunta que nos viene a la cabeza es: ¿Cómo se puede clasificar una determinada estrella si no se dispone de espectrógrafo? Bien, pues observando su color. Aunque al principio no estaba clara esta relación, investigaciones posteriores pusieron de manifiesto que espectrogramas parecidos se correspondían a estrellas del mismo o similar color, comprobándose ulteriormente que este color estaba estrechamente relacionado con la temperatura del astro. Existe pues una relación directa entre clase espectral, color y temperatura. ¿Y cómo se determina el color? Pues midiendo la intensidad de su radiación en las distintas partes del espectro utilizando filtros o “ventanas” de luz. Dicho de otro modo, si la estrella es más brillante en luz azul (usando un filtro que sólo permita pasar esa luz) que

TABLA 4. MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS VISUAL E INFRARROJA

Componente	(B - V)	V	J	H	K
Primaria	1,35	13,71	11,32	10,69	10,46
Secundaria	1,28	13,94	11,69	11,08	10,87

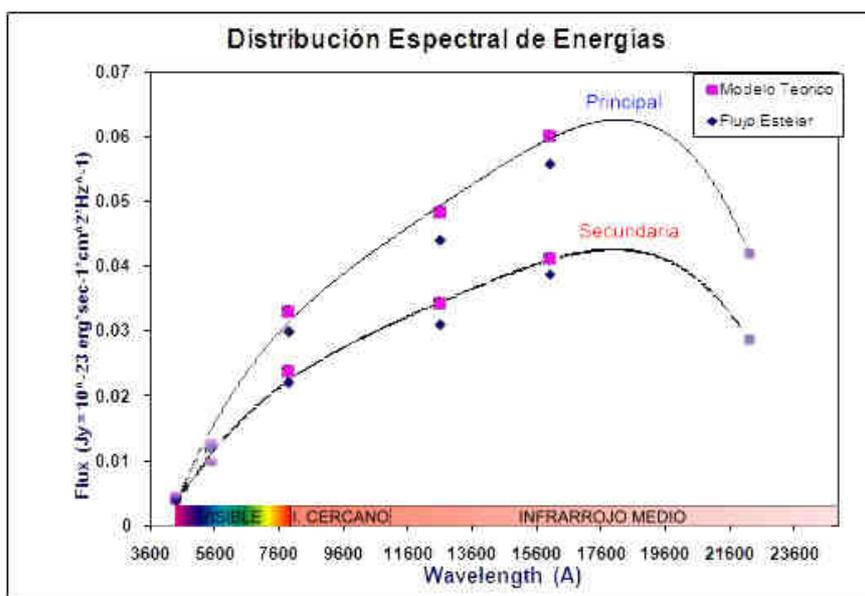


Figura 3. Distribución de Energías comparada de ambas componentes. Destaca la alta intensidad de emisión en la zona del Infrarrojo cercano y medio comparada con la emisión en luz Visible.

en luz roja (usando un filtro rojo), queda claro que el objeto de estudio tiende a ser azul. En la práctica también se utiliza el denominado “índice de color”, que viene a ser una comparación de cuán luminosa es una estrella en un color en relación a otro. Para ello se mide su magnitud en el color “x” y se le resta su magnitud en el color “y”. En este estudio se han utilizado los índices (B-V) (Azul-Visual) así como las magnitudes en las bandas V visual y JHK del infrarrojo, derivados todos ellos de la fotometría infrarroja para la componente principal y óptica para la secundaria<sup>(1)</sup>.

Hay que señalar que estos datos no han sido corregidos de los efectos de absorción y enrojecimiento estelar debido a sus posiciones galácticas (latitud galáctica = -32,27°) que los hacen despreciables<sup>(2)</sup>.

Así pues, trasladando estos valores, el diagrama de Distribución Espectral de Energías resultante se muestra en la figura 3 (página anterior).

Tenemos ya una instantánea del color de nuestra pareja, advirtiéndose que ambas han de tener una tonalidad rojo-anaranjada al emitir más energía en esas longitudes de onda, aunque su verdadero “color” sea el infrarrojo no detectable por el ojo humano.

Como el objetivo de este apartado es la clasificación espectral de las componentes lo más exactamente posible o lo que es lo mismo, su ubicación en el diagrama de Hertzsprung-Russell, el siguiente paso a dar es la determinación de la temperatura de ambos cuerpos. Sin entrar en detalles, recordemos que el máximo de poder emisivo de un cuerpo radiante (la longitud de onda máxima  $\lambda_{m\acute{a}x}$  que emite, o sea, su color), está determinado por su temperatura, lo cual está definido en la ley de desplazamiento de Wien que dice que con el aumento de temperatura el máximo de radiación de un cuerpo se desplaza hacia la zona de ondas más cortas del espectro, o bien expresado matemáticamente:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{0,290\text{cm} \cdot \text{K}}{T}$$

donde  $\lambda_{m\acute{a}x}$  está expresado en cm y  $T$  en grados Kelvin<sup>(3)</sup>.

La idea más gráfica que todos tenemos de esta ley es la de la barra de un metal como el hierro en la forja de un herrero y los llamativos cambios de coloración que sufre desde su color natural, pasando por el rojo hasta el blanco a medida que se calienta. Si queremos una imagen más detallada basta con observar la figura 4.

Una vez establecida la relación inequívoca entre color y temperatura, resulta útil aclarar el concepto de *temperatura efectiva* ( $T_{\text{eff}}$ ). Las leyes de la Física relativas a la radiación electromagnética, como la de Planck, Stefan-Boltzmann o la de Wien mencionada arriba, son exactas sólo para las condiciones ideales

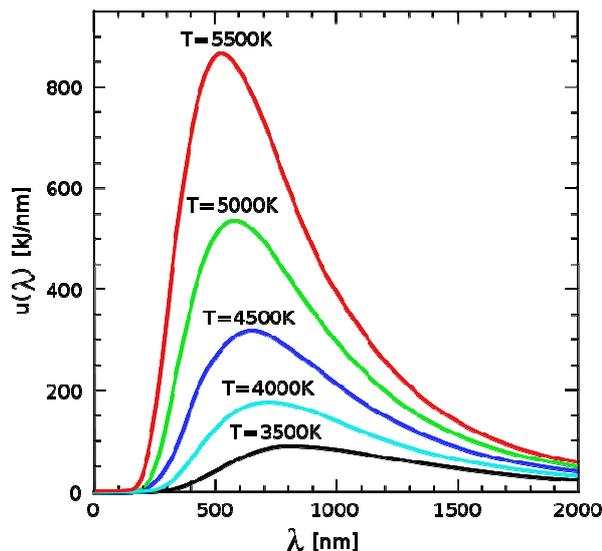


Figura 4. Esquema que visualiza el desplazamiento que sufre el máximo de radiación de un cuerpo al calentarlo a diferentes temperaturas, siguiendo la ley de Wien. Los colores de las curvas no son los reales.

del llamado “cuerpo negro”. Todo objeto que esté por encima del cero absoluto emite una radiación térmica que depende de su temperatura, pero también de su composición química y estado físico. Sin embargo, un cuerpo negro es un objeto teórico ideal que está a la misma temperatura en todos sus puntos y cuya temperatura no está influenciada por la del medio que lo rodea. Es en este tipo de objeto que la emisión térmica que produce está determinada sólo y exclusivamente por su temperatura propia. Evidentemente, tal objeto no existe en la Naturaleza, pero el modelo sirvió para que Max Planck, Wien y otros desarrollaran las leyes cuánticas necesarias para que podamos deducir las temperaturas de objetos tan inalcanzables como las estrellas. Una estrella no es en absoluto un cuerpo negro, sus capas exteriores están en continua interacción termodinámica con el medio que lo rodea y son por tanto más frías, de forma que sólo sus capas más interiores, su núcleo que no vemos, podrían asemejarse a tal modelo. Entonces, cabe preguntarse si la energía que captan nuestros telescopios, la de las capas más externas, es válida para hacer este tipo de mediciones. La respuesta es sí, aunque con restricciones. Es por ello que necesitamos el concepto de temperatura efectiva, que no es otra que la que tendría un cuerpo negro que irradiara por cada centímetro cuadrado de su superficie y por cada segundo la misma radiación que la de la estrella estudiada. Es decir, como si sustituyéramos a la estrella por un cuerpo negro de sus mismas dimensiones y que irradiara de igual forma. Esta es la temperatura que habitualmente se maneja y por tanto la que usaremos en este trabajo. En este caso y haciendo uso de la ley de Wien, la temperatura efectiva de nuestro sistema para la componente principal resultó ser de 4234 K y de 4349 K para la secundaria<sup>(4)</sup>.

Pero aún nos quedan ideas por repasar antes de que podamos colocar a nuestras amigas en el diagrama Hertzsprung-Russell (H-R). Este diagrama, creado por

el astrónomo danés Hertzsprung a principios del siglo XX y completado posteriormente por el astrofísico americano Russell, dibuja claramente una dependencia entre la clase espectral de una estrella y su *magnitud absoluta* ( $M_v$ ). Este nuevo concepto se deriva del inconveniente de que la magnitud visual o brillo que medimos a pie de nuestro telescopio no nos dice nada sobre el brillo real del astro: si medimos un gran brillo, pudiera tratarse de una estrella gigante y lejana o bien de una estrella pequeña y apagada pero muy cercana. Para salvar este inconveniente introducimos la magnitud absoluta, que es el brillo (o magnitud) que tendría nuestro astro si estuviera colocada a una distancia de 10 pársecs de nosotros. Es un concepto arbitrario, pero sumamente útil a la hora de resolver problemas y sobre todo nos da una idea del brillo real del objeto.

Otro factor a considerar relativo al brillo estelar que percibimos desde tierra es que nuestra atmósfera absorbe cierta cantidad de luz procedente de la estrella en mayor o menor medida dependiendo de la longitud de onda de que se trate. Se define la *magnitud bolométrica* ( $m_{Bol}$ ) como la magnitud que tendría nuestra estrella teniendo en cuenta todas las longitudes de onda absorbidas en nuestra atmósfera. Es decir, como si midiéramos desde la lanzadera espacial o desde nuestro querido telescopio Hubble. Como no tenemos la suerte de estar en esos lugares, no nos queda más remedio que hacer otra corrección más a nuestra magnitud visual para que se acerque todo lo posible a la real. Es lo que se denomina la *corrección bolométrica* ( $C_{Bol}$ ), de forma que uniendo los conceptos de magnitud absoluta y bolométrica tenemos una idea muy aproximada del brillo verdadero buscado. Así la magnitud absoluta bolométrica de nuestro objeto problema quedaría como sigue:

$$M_{Bol} = M_v + C_{Bol}$$

La corrección bolométrica se ha calculado tradicionalmente mediante métodos teóricos, aunque también se usan para estos fines las mediciones extra-atmosféricas realizadas en la zona ultravioleta del espectro<sup>(3)</sup>.

Hay un último escollo antes de poder interpretar correctamente nuestra clasificación espectral. Se trata del concepto de *luminosidad* ( $L$ ). Por definición, luminosidad es el flujo de energía irradiada por la estrella en todas direcciones. Es decir, sería la energía que atravesaría en una unidad de tiempo (pongamos 1 segundo) a una gigantesca esfera hipotética que rodeara a la estrella. Generalmente se expresa en unidades de luminosidad del Sol, es decir, tomamos como

$$L_{\odot} = 1$$

. La relación entre luminosidad y magnitud absoluta es la misma que hay entre la magnitud visual que percibimos en tierra y la iluminación que nos llega a la superficie de nuestro observatorio y que nos ha servido de definición de las magnitudes estelares. Ob-

viando el desarrollo matemático<sup>(3)</sup> esta relación es la siguiente:

$$\log \frac{L^*}{L_{\odot}} = 0,4(M_{\odot} - M^*)$$

siendo  $M_{\odot}$  la magnitud absoluta del Sol,  $M^*$  la magnitud absoluta de la estrella problema y  $L^*$  la luminosidad de la misma. Tomando  $L_{\odot} = 1$  queda la expresión:

$$\log L^* = 0,4(M_{\odot} - M^*)$$

y si introducimos la corrección bolométrica y el correspondiente valor de la magnitud absoluta bolométrica del Sol ( $M_{Bol}^{\odot} = 4,7$ ) quedaría:

$$\log L_{bol}^* = -0,4(M_v + C_{Bol} - 4,7)$$

Para nuestro caso de estudio, se ha encontrado que la pareja MGS 1 tiene las siguientes magnitudes absolutas y correcciones bolométricas<sup>(4)</sup>:

TABLA 5. MAGNITUDES ABSOLUTAS Y CORRECCIONES BOLOMÉTRICAS		
Componente	$M_v$	$C_{Bol}$
Primaria	5,32	-0,83
Secundaria	5,55	-0,72

Y nuestra luminosidad resultó ser de 0,64 y 0,52 veces la luminosidad del Sol para la principal y secundaria respectivamente<sup>(5)</sup>.

Teniendo ya estos conceptos en mente, llegó el momento de poder interpretar correctamente nuestro diagrama H-R. En él se coloca en el eje de abscisas la temperatura efectiva (o lo que es lo mismo, la clase espectral o color) y en el de ordenadas la luminosidad (equivalente a la magnitud absoluta bolométrica como ya hemos explicado más arriba). Representando en él las luminosidades y temperaturas efectivas de un gran número de estrellas, resulta que los puntos dibujados no están dispersos al azar, sino que para sorpresa de sus creadores estaban distribuidos en grupos o familias de estrellas determinados por su naturaleza y fase evolutiva, teniendo además una dependencia característica entre luminosidad y temperatura para cada una de ellas. A estas familias se las denominó "*clases de luminosidad*" y se designan por números romanos del I hasta el VII. La más importante y nutrida de ellas es la llamada "*secuencia principal*", dibujada en una banda de puntos que recorre el diagrama en diagonal.

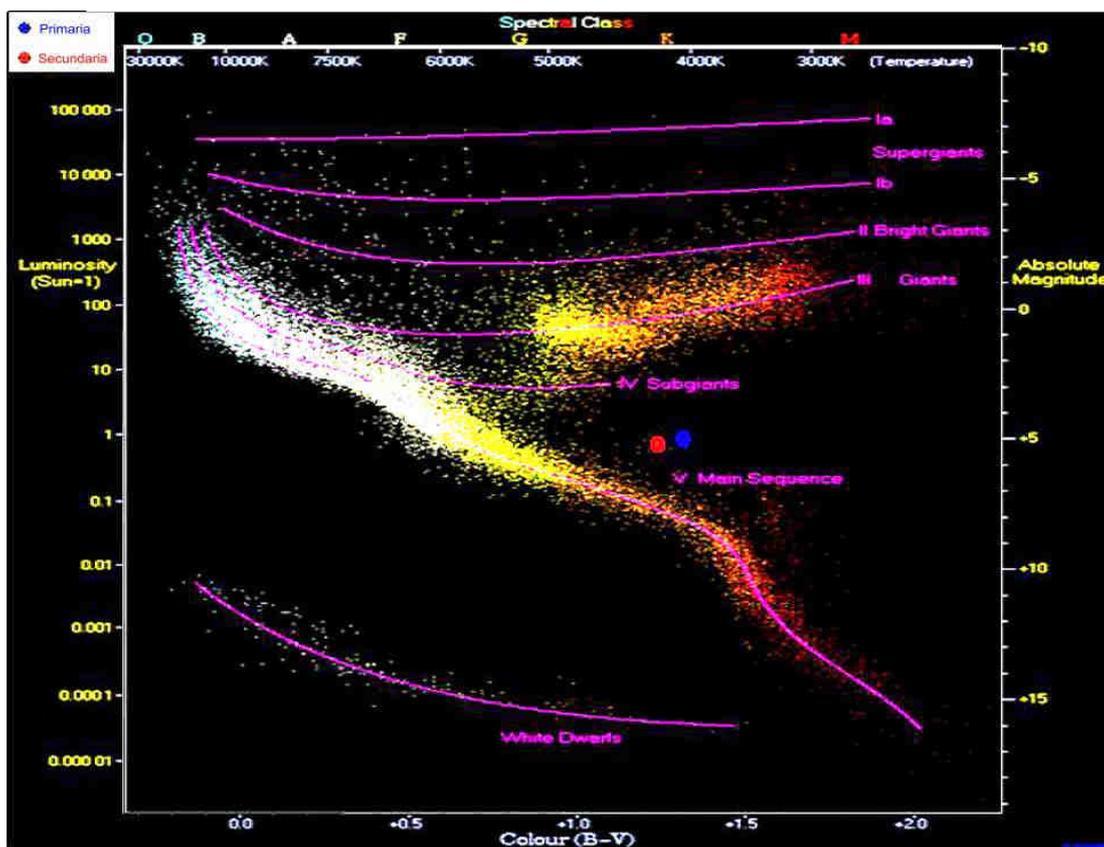


Figura 5. Situación de la componentes de MGS 1 en el diagrama H-R derivada de los datos fotométricos.

Con los datos fotométricos de que disponemos, ya podemos ubicar aproximadamente a MGS 1 en el diagrama (figura 5).

Vemos con claridad en la figura 5 que ambas estrellas están situadas en la zona espectral K. Pero en vez de realizar estos cálculos manualmente como hemos explicado, en la práctica usamos herramientas informáticas muy rigurosas que hacen estos cálculos automáticamente y afinan con precisión el tipo espectral. En nuestro caso hemos deducido que se trata probablemente de la clase K, subclase 7 para principal (K7) y de la clase K, subclase 6 (K6) para la secundaria<sup>(4)</sup>.

Finalmente, para poder ya en último término adjudicar nuestras estrellas a una familia concreta (señaladas con los trazos de color magenta en la figura), necesitamos recurrir a otros dos tipos de diagramas: el de Movimiento Propio Reducido y el de Doble Color. Esto es necesario ya que hay zonas del diagrama H-R donde una determinada estrella podría pertenecer a dos familias distintas. El diagrama de Doble Color compara dos índices de color diferentes del mismo astro. Se observó que empleando esta técnica, al igual que en el diagrama H-R, las estrellas se agrupaban en

el gráfico en función de la familia a la que pertenecían. Hemos usado el índice J-H frente al H-K ya que nuestra pareja tiene una alta emisividad en esas bandas, dando un resultado de pertenecer ambas componentes a la clase de luminosidad V, es decir, las dos son enanas de la secuencia principal (figura 6).

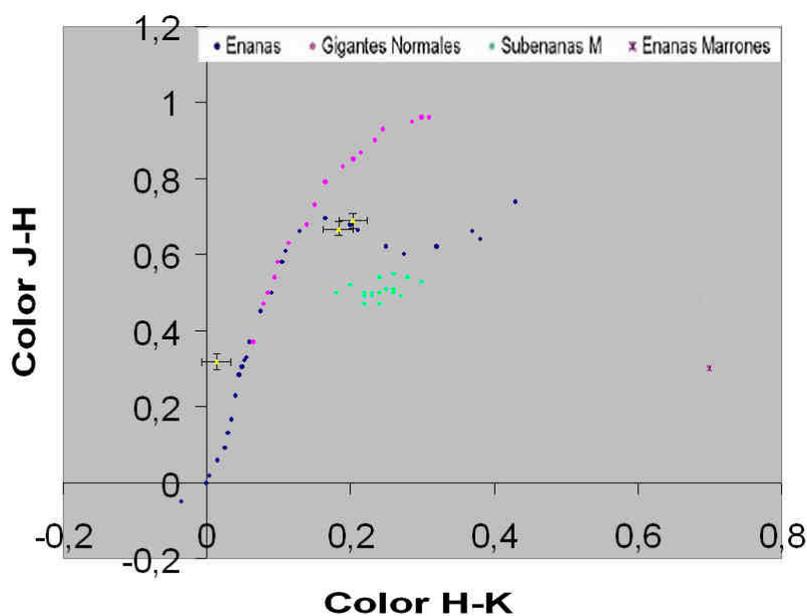


Figura 6. Diagrama de Doble Color J-H vs. H-K.

El diagrama de Movimiento Propio Reducido clasifica a la estrella en función de la magnitud aparente que tendría si la colocáramos a una distancia tal que su movimiento propio fuera de 0,1"/año, siendo el parámetro  $H_v$  dicha magnitud. De esta manera estandarizamos artificialmente los movimientos propios, siendo  $H_v$  el elemento diferenciador. Así es posible distinguir por ejemplo a una enana blanca procedente de las zonas centrales de la galaxia de otra enana con brillo absoluto similar pero procedente del halo, y por consiguiente, con un movimiento propio mayor. Al situarla hipotéticamente a una distancia tal que pareciera moverse a la misma velocidad que la primera, su magnitud aparente habrá cambiado, lo que nos mostrará que pertenece a otra familia. Para nuestro caso, este diagrama confirma la pertenencia de ambas componentes a la secuencia principal y en la zona de las enanas rojas (figura 7).

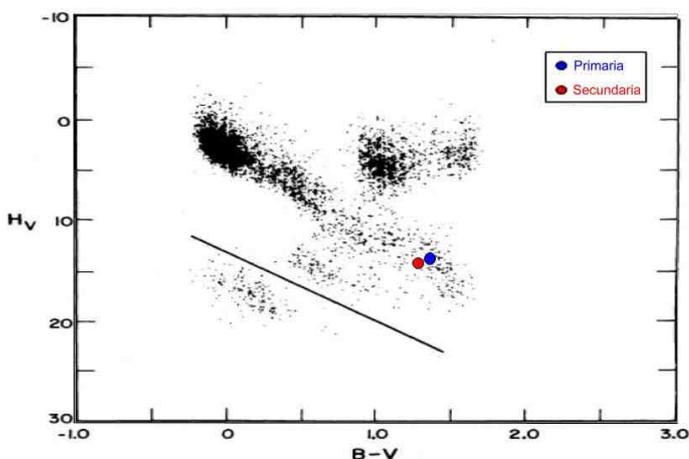


Figura 7. Diagrama de Movimiento Propio Reducido.

Por tanto, la clasificación espectral definitiva de ambas componentes quedaría como sigue: K7V para la componente principal y K6V para la secundaria.

### Otros datos astrofísicos

Conocidas las magnitudes aparentes y las absolutas estamos en disposición de poder hallar la distancia a la que se encuentra nuestro sistema. Comparando ambas magnitudes y haciendo uso de la definición de magnitud para cada una de ellas deducimos la fórmula siguiente:

$$m - M_v = 5 \log r - 5$$

siendo  $m$  y  $M_v$  las magnitudes aparentes y absolutas de la estrella respectivamente y  $r$  su distancia desde nosotros expresada en pársecs<sup>(3)</sup>. A la expresión ( $m - M_v$ ) se la llama *Módulo de Distancia*. Despejando  $r$  de la expresión anterior y con los datos que

tenemos resulta que ambas componentes tienen el mismo módulo, situación que nos viene a remarcar una altísima probabilidad de que sea un par físico. Se encuentran a 476,2 pársecs (1553 años-luz).

Existe a su vez una dependencia entre el radio de una estrella, su luminosidad y su masa. Todo está amalgamado en una relación derivada de la Ley de Stefan-Boltzmann que nos describe cómo la energía emitida por un cuerpo negro es proporcional a su temperatura efectiva:

$$\varepsilon = \sigma * T_{eff}^4$$

donde  $\sigma$  es la constante del mismo nombre<sup>(3)</sup>. Interpretando esta ley, deducimos que el flujo de energía (energía radiada en 1 cm<sup>2</sup> de su superficie durante 1 segundo) de una estrella con una temperatura 10 veces mayor que otra y suponiendo ambas del mismo tamaño, sería del orden de ¡10<sup>4</sup>=10000 veces mayor que esta última!. Si multiplicáramos esta energía por toda

la superficie de la estrella (una esfera de radio  $R$ ) tendríamos toda su luminosidad, como se ha descrito más arriba:

$$L = 4\pi R^2 \sigma * T_{eff}^4$$

Apliquemos la fórmula al Sol:

$$L_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma * T_{\odot}^4$$

Usemos de nuevo pluma y papel. Dividiendo miembro a miembro ambas igualdades, aplicando lo-

garitmos y estableciendo que  $R_{\odot} = 1$  y  $L_{\odot} = 1$  nos quedaría la expresión:

$$\log R = \frac{1}{2} \log L + 2 \log \frac{T_{\odot}}{T_{eff}}$$

que nos da de forma indirecta el radio de una estrella en función de su luminosidad y temperatura efectiva. Este radio estaría expresado en unidades solares ya

que establecimos que  $R_{\odot} = 1$ . ¡Ya podemos hallar el tamaño de nuestras estrellas!. El radio calculado fue de 2,03 y 1,64 veces el radio del Sol<sup>(6)</sup>, lo que equivale a un diámetro lineal de 2.905.368,00 Km y 2.312.212,00 Km respectivamente<sup>(5)</sup> (figura 8).

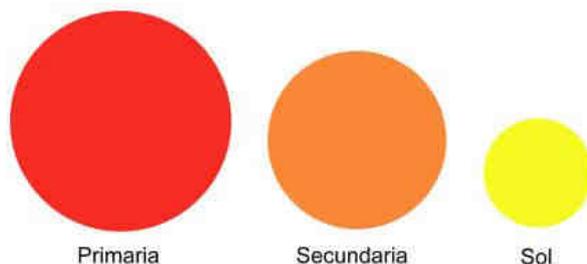


Figura 8. Tamaños relativos y colores aproximados del sistema MGS 1 en relación al Sol.

Pero podemos establecer más relaciones. Por desgracia, la masa de una estrella no puede ser hallada por métodos directos. Sólo en algunos casos de sistemas binarios con órbitas bien conocidas ha sido posible establecer las masas de sus componentes mediante la Tercera Ley de Kepler. No es este nuestro caso, así que tenemos que recurrir a una nueva dependencia descubierta empíricamente en base a esas estrellas bien estudiadas. Resulta que al enfrentar en un nuevo diagrama las masas halladas con las magnitudes absolutas bolométricas correspondientes, los puntos de corte nuevamente se agrupaban siguiendo una línea recta bien definida, especialmente en la secuencia principal. Es el diagrama “*masa-luminosidad*”. A partir de aquí es fácil establecer una fórmula matemática que relaciona ambas magnitudes para el resto de estrellas pertenecientes a esta familia y es posible elaborar tablas que directamente nos dan el valor de la masa conociendo sólo la luminosidad, como las Tablas de Allen<sup>(7)</sup>, usadas aquí para calcular la masa de nuestro sistema. Las masas halladas son 1,05 y 0,97 masas solares para la componente principal y secundaria respectivamente.

Una vez conocidos los radios y las masas, nada nos impide hacer una estimación de sus gravedades en la superficie ( $g$ ). Recordando su definición, la aceleración de la gravedad que experimentaría una partícula de masa despreciable posada en la superficie de una

estrella de masa  $m$  veces la masa del Sol y con  $r$  radios solares, sería:

$$g = \frac{m}{r^2}$$

Haciendo esta sencilla división tendríamos que la gravedad es de 0,25 y 0,36 veces la gravedad del Sol, lo que equivale a 6839 cm/seg<sup>2</sup> y 9661 cm/seg<sup>2</sup> para las componentes primaria y secundaria.

Completando los cálculos para la *energía gravitatoria*  $G$  que asimilamos a

$$G = -\frac{3m^2}{5r}$$

nos reportan valores de 1,35 y 1,39 veces la energía del Sol, es decir,  $G=3,125406^{41}$  y  $G=3,199086^{41}$  julios para cada una de las componentes.

## Naturaleza

Todavía nos queda esclarecer si se trata de una pareja de naturaleza física u óptica, es decir, si se trata de un par ligado entre sí por fuerzas gravitatorias y por consiguiente con un origen común más que probable, o por el contrario su proximidad aparente en el cielo es el fruto de una ilusión óptica causada por la perspectiva. Ya hemos visto algunos aspectos en este estudio que inclinan la balanza con fuerza hacia la primera posibilidad, como los movimientos propios parecidos y distancias derivadas de la fotometría similares, pero

tras aplicar los criterios de caracterización habituales se confirma que se trata de un par con movimiento propio común, destacando el criterio de Rica que establece en un 89 % la probabilidad de ser par físico.

## Estudio Orbital

Establecida su naturaleza física, están irremisiblemente sujetas a las fuerzas de atracción mutua generadas por sus campos gravitatorios respectivos y tras la observación de los datos manejados, se dan razones para pensar que el sistema gira alrededor de un centro de masas común, siempre bajo el arbitrio de las Leyes de Kepler, de lo que se deriva que ambas estrellas describen órbitas elípticas con la misma excentricidad, siendo ésta la misma que tendría la estrella secundaria si se la supusiera orbitar alrededor de la primaria sujeta fija. Nos surgen entonces las conjeturas sobre las órbitas descritas, es decir, su periodo y el resto de los elementos orbitales. Para simplificar, supondremos que la componente principal es fija y la secundaria su satélite, que la órbita es circular y perpendicular a la línea de visión. Como el tiempo que tarda esta última en dar una vuelta completa alrededor de aquella, o

periodo ( $P$ ) se deriva de la tercera ley kepleriana mediante:

$$P = \sqrt{\frac{a^3}{m_1 + m_2}}$$

donde  $a$  es el semieje mayor de la elipse que describe la secundaria, también llamada *separación proyectada*, midiéndose en unidades astronómicas (ua) y  $m_1 + m_2$  la suma de las masas de ambos cuerpos

en unidades solares<sup>(3)</sup>. El valor de  $a$  es de fácil cálculo al conocer la distancia de nuestro sistema y la separación angular media ( $\rho$ ), basta con aplicar un sencillo cálculo trigonométrico, resultando ser de 2456 ua y el período de 85654 años. En resumen, el conjunto de datos orbitales hallados mediante el uso de hojas de cálculo que simplifican el proceso se relacionan en la tabla 7 (página siguiente).

## ¿Variabilidad?

Para ambas componentes la fotometría fue deducida del catálogo 2MASS<sup>(1)</sup> deduciéndose de ella distancias iguales. Pero no ocurre así si usamos la fotometría V deducida del Carlsberg Meridian Catalog 14 (CMC14)<sup>(8)</sup> que nos da valores en V de 13,561 y 14,841 para la principal y secundaria, calculando distancias diferentes. Consultando más catálogos encontramos que una de las componentes ha sido observada en TASS MarkIII<sup>(9)</sup> y MarkIV<sup>(10)</sup> pero no queda claro de cuál de ellas se trata. Observando las medidas de magnitud mostrados por estos catálogos en la banda V

TABLA 6. RESUMEN DE LOS DATOS ASTROFÍSICOS MÁS RELEVANTES		
Componente	Primaria	Secundaria
Radio (Sol = 1)	2,03	1,64
Masa (Sol = 1)	1,05	0,97
Distancia (parsecs)	476,2	476,2
Luminosidad (Sol = 1)	0,64	0,52
$T_{\text{eff}}$ (K)	4234	4349
G. Superficial (Sol = 1)	0,25	0,36
E. Gravitatoria (Sol = 1)	1,35	1,39

TABLA 7. ELEMENTOS ORBITALES PARA MGS 1						
a	e	i	P	T	$\omega$	W
2456	0,01	88	85654	1953	360	128

parecen concordar más con la principal, quedando el valor de la secundaria calculado del CMC14 muy alejado. Otro indicio nos lo da la dispersión tan grande de las medidas en banda  $r'$  de este catálogo para la secundaria, mostrando un error de 0,765 mag en las cuatro evaluaciones fotométricas realizadas desde su telescopio de La Palma, sorprendente para sus valores habituales. Todo ello hace pensar en la posibilidad de variabilidad en la componente secundaria. Por ello se han analizado los datos fotométricos en banda V disponibles y se ha obtenido un período probable de  $138,4971 \pm 21,8573$  días que podría corresponderse con una variable irregular tipo I o Ib, pero sería necesario hacer nuevas mediciones fotométricas sistemáticas para verificarlo.

## Conclusión

Con los datos aportados en este trabajo es posible afirmar que estamos ante un sistema con una muy alta probabilidad de ser binario, reforzándose esta idea por los movimientos propios y distancias tan similares, al igual que con algunos criterios de caracterización que lo etiquetan como físico. Pero ante la escasez de datos en los catálogos consultados, sobre todo para la componente secundaria, es imprescindible continuar observándolo para confirmar su naturaleza.

## Agradecimientos

Ante todo quisiera manifestar mi agradecimiento a las dos personas que llamaron mi atención sobre este apasionante mundo de las estrellas dobles, Rafael Benavides Palencia y Juan Luis González Carballo, sin cuyo aliento y paciencia para responder a mis preguntas de principiante no hubiera sido posible este hallazgo.

A Ángel Otero Garzón, quien elaboró todo el estudio astrofísico y dedicó su tiempo a aportar todos los datos para este trabajo. Igualmente fueron inestimables sus consejos técnicos para mejorar mi método de observación.

A Francisco Rica Romero por sus palabras de ánimo y sus valiosas indicaciones.

Esta investigación ha hecho uso del *Washington Double Star Catalog* mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos, <http://ad.usno.navy.mil/wds>.

También se hizo uso de CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg) y sus herramientas asociadas para la consulta on-line de una gran cantidad de catálogos: <http://cds.ustrasbg.fr>.

Se utilizó el software *fv*, suministrado por High Energy Astrophysics Science Archive Research Center (HEASARC), en NASA/GSFC. Disponible en <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/ftools/fv/>. ©

## Referencias

1. 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources (Cutri+ 2003), <http://www.ipac.caltech.edu/2mass>. Disponible en el CDS, <http://cds.ustrasbg.fr>.
2. Según documento 1984AJ....89.1022P (Paresce, F., On the distribution of interstellar matter around the sun. *Astronomical Journal* (ISSN 0004-6256), vol. 89, July 1984, p. 1022-1037. ESA-supported research) y 1978PASP...90..451P (Przybylski, A., HD27507 – A Star Escaping from our Galaxy. *Astronomical Society of the Pacific, Publications*, vol. 90, Aug.-Sept. 1978, p. 451, 452).
3. P. I. Bakulin, E. V. Kononovich, V. I. Moroz.

- Curso de Astronomía General. Editorial MIR. Rubiños-1860, S. A. Moscú-Madrid, 1992.
4. Datos calculados según documento de referencia 1996ApJ...469..355F (Flower, Phillip J., Transformations from Theoretical Hertzsprung-Russell Diagrams to Color-Magnitude Diagrams: Effective Temperatures, B-V Colors, and Bolometric Corrections. Astrophysical Journal v.469, p.355 1996).
  5. Según el libro 1989fsa..book.....C (George W. Collins, II, The Fundamentals Of Stellar Astrophysics. New York, W. H. Freeman and Co., 1989).
  6. Según documento de referencia 1981Ap&SS..80..353S (Straizys, V.; Kuriliene, G., Fundamental stellar parameters derived from the evolutionary tracks. Astrophysics and Space Science, vol. 80, no. 2, Dec. 1981, p. 353-368).
  7. Tablas procedentes del volumen 1973asqu.book.....A (Allen, C. W., Astrophysical quantities, London: University of London, Athlone Press, |c1973, 3rd ed., 1973).
  8. Carlsberg Meridian Catalog 14 (CMC14) (CMC, 2006), <http://www.ast.cam.ac.uk/~dwe/SRF/cmc14.html>. Disponible en el CDS, <http://cds.ustrasbg.fr>.

# II INTERNATIONAL MEETING OF DOUBLE STAR OBSERVERS (Pro-Am)

por Ignacio Novalbos Cantador

COMO MUCHOS DE VOSOTROS ya sabéis, durante los días 23 y 24 de Octubre tuvo lugar el **II INTERNATIONAL MEETING OF DOUBLE STAR OBSERVERS (Pro-Am)**. En esta ocasión, la organización fue compartida por el Observatori Astronòmic del Garraf y la Agrupació Astronòmica de Sabadell, que nos ofrecieron un encuentro inolvidable. Las intervenciones de los ponentes se celebraron en el incompara-

ble marco de las instalaciones que la ASS posee en Sabadell y que se encuentran a unos 20 Km de Barcelona.

Como no podía ser de otra manera, aquí presento mi crónica personal del evento, que tiene como intención principal el hacer llegar a todos los lectores de OED, de manera resumida, todo lo que allí se vio y



1- C.Schnabel, 2- D.Montes, 3- R.Hernández, 4- J.Alonso, 5- J.A.Caballero,  
6- T.Galera, 7- X.Miret, 8- E.Souilé, 9- F.Losse, 10- Mme Mat, 11- D.Valls, 12- B.Argyle,  
13- I.Novalbos, 14- J.M<sup>o</sup>Oliver, 15- A.Ardanuy, 16- N.Miret, 17- P.Durand, 18- J.L.Agati, 19- T.Tobal, 20- L.Corp, 21- A.Bernal

escuchó, acerca de los innumerables proyectos y estudios dedicados a las dobles en los que trabajan actualmente astrónomos tanto amateurs como profesionales.

## SÁBADO 23 Octubre 2010

El sábado 23 el día amaneció con el cielo algo cubierto, aunque como los ánimos estaban por todo lo alto, no había nada que pudiese estropear tan esperado momento. Era mi primer Encuentro Internacional de Observadores de Dobles y el segundo que se celebraba en los últimos diez años. Algo histórico.

La cosa prometía... ¡¡Y yo estaba allí!!

A eso de las 8:45 entraba exultante por las puertas del observatorio. Allí se encontraban Xavi Miret, Nuria Miret y Tòfol Tobal del OAG, así como los astrofísicos, José A. Caballero, David Montes y Francisco J. Alonso de la UCM, que ya a esa temprana hora estaban charlando animadamente, de dobles por supuesto.

Mientras el responsable de Organización y Divulgación de la ASS, Albert Morral, nos entregaba las acreditaciones así como una fabulosa bolsa impermeable (ideal para llevar las cartas y mapas celestes al campo) con diversos libros y documentación, fueron apareciendo el resto de participantes. Entre la representación francesa se encontraban Edgar Soulié presidente de la comisión de estrellas dobles de la S.A.F, Jean Louis Agati, Pierre Durand, Laurent Corp, Mme Mat y como no podía ser de otra manera, mi buen amigo y uno de los mejores doblistas del panorama actual. Me refiero, por supuesto, a Florent Losse, un tipo genial en todos los aspectos: ya no nos separaríamos en todo el encuentro. Durante esos dos días, no os podéis imaginar lo que nos pudimos llegar a reír con sus ocurrencias, de lo que llegamos a hablar, (en francés, eso sí) y por supuesto de lo que llegamos a aprender (yo sin duda alguna, mucho más de él que él de mí).

Por supuesto también estaban presentes nuestros anfitriones de la ASS. Entre ellos su actual presidente, Àngel Massallé, el mítico Josep M<sup>o</sup> Oliver, Toni Galea, A. Ardanuy y Carles Schnabel, otro gran amigo y Director Científico de la ASS.

Con una puntualidad casi británica, (por supuesto en honor a Bob Argyle), hacia las 9:30 procedimos a acomodarnos en la sala de conferencias situada en el mismo edificio del observatorio, con el objeto de escuchar la bienvenida que, en los tres idiomas oficiales del encuentro, nos hizo Àngel Massallé, en nombre de la ASS.

A continuación, como representantes de las tres asociaciones participantes, **Carles Schnabel, Edgar Soulié y Tòfol Tobal** también en inglés, francés y castellano respectivamente. Hicieron lo propio con una declaración de intenciones sobre los objetivos del II Encuentro Internacional de OED, dándolo por inaugurado.



Seguidamente se dio paso a **Bob Argyle**, reputado doblista y presidente de la Webb Society, que nos deleitó con una amena e interesante charla versada sobre la historia de la sección de dobles de la Webb Society titulada “**The History of the Webb Society Double Star Section**”



En la misma hizo referencia a los orígenes de la Webb Society, que fue creada por Kenneth Glyn Jones y John Larard allá por 1967. Glyn Jones era especialista en la observación e historia de los objetos de cielo profundo y autor de la obra “Messier’s Nebular and Clusters” y Larard se dedicaba a la observación visual de dobles con un refractor de 8” desde el Observatorio de la Universidad de Londres. Como hecho curioso cabe destacar que Bob Argyle nos confesó que, aunque dirige la sección de Dobles de la Webb Society desde 1970, no se dedicó de manera seria a la observación de estrellas dobles hasta al menos 10 años más tarde, cuando haciendo uso de un micrómetro con rejilla de difracción se aficionó en serio al estudio y medición de estos interesantes objetos. Bob aprovechó su turno para ilustrarnos con un resumen sobre la metodología a seguir cuando se quiere hacer astrometría de dobles con rejillas de difracción. También hizo un repaso tanto de la evolución de la Webb entre 1980 y 2010, como de sus avances en cuanto a recursos técnicos e instrumentales, resaltando el interés que sus actividades despiertan en observadores del mundo entero.

Sobre las 10:15 tuvimos el placer de poder escuchar a **Edgard Soulié**, a la sazón presidente de la



Comisión de Estrellas Dobles de la SAF, que nos habló con su estilo claro y pausado sobre los 30 años de actividad de la comisión que preside, con la conferencia titulada “**Trente années d'activité de la Commission des étoiles doubles de la Société Astronomique de France**”. Monsieur Soulié nos contó cómo en 1981 y con el apoyo incondicional del histórico Paul Muller (1910-2000) se crea la Comisión de Estrellas Dobles de la SAF, lo cual marca el comienzo de las relaciones entre aficionados y profesionales que a lo largo de generaciones se dedicarán al estudio de las dobles. De hecho, varios astrónomos profesionales han sido consejeros científicos de la comisión dirigiendo numerosos trabajos de aficionados.

E. Soulié habló acerca de las diversas líneas de estudio e investigación que se desarrollan dentro del seno de la Comisión y que se podrían resumir en los siguientes:

- Medición de theta y rho para estrellas dobles visuales, con herramientas y métodos amateur-profesionales como un micrómetro de hilos, un micrómetro de doble imagen de Lyot desarrollado por miembros de la comisión, con cámara fotográfica y densitómetro, CCD, webcam e incluso con una CCD intensificada.
- Participación directa e indirecta en la realización del CCDM, utilizado para la ayuda operativa del proyecto Hipparcos de la ESA, midiendo las posiciones relativas de manera visual y fotográfica.
- Publicación de medidas de estrellas dobles en la revista de la SAF “Observations et Travaux” siendo después integradas en el WDS.
- Finalización, con el apoyo de Pierre Bacchus, de la herramienta informática para reducción de imágenes Surface.

En resumen, un trabajo realmente espectacular el que realiza este grupo de especialistas franceses.

Las dos primeras intervenciones, sobre historia de la astronomía de dobles de las que a mí me gustan.

Hacia las 11:15 llegó el primer descanso. Los organizadores nos habían preparado un Coffee Break espectacular, con su café exprés y todo. Para mí, uno

de los mejores momentos de la reunión. Mientras nos tomábamos un reconfortante café, estuve hablando acerca de la precisión que ofrecen diferentes métodos y softwares utilizados para el apilado de imágenes, con uno de los profesionales que más se entusiasma con estas reuniones Pro-Am (no en vano recuerda con gran cariño sus años como aficionado antes de dedicarse profesionalmente a la astronomía). Me refiero, por supuesto, a **David Valls-Gabaud**, quien muy amablemente me hizo llegar, algunos días después, las referencias sobre los dos softwares de apilado y pretratamiento que me recomendaba usar para ganar en precisión a la hora de sumar imágenes para posteriormente poder medirlas.

Durante la pausa también aprovechamos para hacernos la foto oficial del encuentro, y que podéis en la primera página de este artículo.

Después del reparador café (doble, por supuesto) volvimos con lo nuestro.



En primer lugar tuvimos el placer de escuchar la comunicación “**La historia de la sección de dobles de la ASS: 1975-2010**”, presentada por el conocido, admirado y admirable **Josep M<sup>a</sup> Oliver**. En su intervención, asistida en inglés por el políglota Carles Schnabel, Oliver nos relató una historia que empezaba así:

En España hubo dos astrónomos que destacaron por su especialización en estrellas dobles: Josep Comas Solà, a finales del siglo XIX, y Ramón María Aller entre 1927 y 1938 cuya labor tendría continuidad, a partir de 1944, en el Observatorio de la Universidad de Santiago de Compostela. Siguiendo los pasos de Aller, un amateur, José Luís Comellas, realizó un extenso catálogo de estrellas dobles que en 1973 fue publicado por la Agrupación Astronómica de Sabadell. Comellas incentivó el estudio de los sistemas dobles desde la Agrupación Astronómica de Sabadell, formándose otros observadores entre los que destacan Tòfol Tobal y Josep A. Soldevilla. Os podréis imaginar el interés que entre los asistentes despertó este repaso de Josep M.<sup>a</sup> Oliver por la historia de las dobles en España.

Y como no podía ser de otra manera, para continuar, otra intervención relacionada con la historia.

Ahora el turno fue para el amigo **Tòfol Tòbal** que nos hizo una brillante exposición que llevaba por título **“The OAG Visual Double Stars Project: 1985-2010”**. Tòfol empezó haciendo referencia a todos los proyectos relacionados con las dobles y desarrollados por el OAG entre 1985 y 2010. Tòbal nos resumió los orígenes y fundación del Observatori Astronòmic del Garraf. Una asociación no profesional cuyo objetivo principal ha sido la divulgación y el desarrollo de programas observacionales y en especial, relacionados con el estudio de las estrellas dobles visuales. En su largo recorrido, desde el OAG se han obtenido más de 15.000 mediciones, aportando 800 sistemas de todos los tipos a los catálogos internacionales (USNO/WDS). Desde el año 2000, año en el cual se celebró el I Meeting OED, se ha trabajado con especial interés en consolidar los lazos de colaboración con equipos profesionales nacionales e internacionales, siendo el II Meeting un buen ejemplo de estos esfuerzos. Varios programas y proyectos se dibujan ya en el horizonte cercano, y que a buen seguro aportarán un mayor conocimiento de las estrellas dobles.



Continuando con el impresionante despliegue de medios “doblistas”, **David Valls-Gabaud**, astrofísico que actualmente trabaja para el CNRS en el Observatoire de París, nos dejó con la boca abierta al exponer un proyecto Pro-Am denominado **“La distancia a las Pléyades: Una colaboración Pro-Am”**. En su interesantísima intervención David nos explicó los diferentes métodos utilizados durante los últimos cien años para inferir la distancia al cúmulo estelar, como base para el cálculo de una escala de distancias. En su intervención hizo especial hincapié en el método en el que la distancia es obtenida a través de un estudio minucioso, realizado a lo largo de los años, de HD 23642 la única estrella binaria eclipsante que podemos encontrar en este conocido cúmulo abierto. La gran cantidad de datos disponibles, tanto espectroscópicos como fotométricos, además de poseer un corto periodo de alrededor de 2,5 días, sumado a su brillo hacen de HD 23642 un objetivo ideal para ser estudiado por amateurs avanzados, a pesar de que los eclipses son poco

profundos. En 1999 se inició la fase de colaboración Pro-Am en el proyecto, dando como resultado una cobertura sin precedentes en multi-longitud de onda para todas las fases y permitiendo que probablemente nos encontremos ante el análisis más detallado jamás realizado de una binaria y que arroja la distancia exacta de las Pléyades.

Sobre las 14:00 y una vez acabada la charla de David Valls, se abrió un animado coloquio que continuó durante las dos horas que duró el almuerzo celebrado en un restaurante situado junto al lago (con sus patos y todo) que hay en el mismo parque en el que se encuentra localizado el observatorio.

Una vez finalizada la comida y tras los preceptivos cafés (que no era cosa de dormirse) volvimos al observatorio dando un agradable paseo, para retomar las comunicaciones del turno de tarde.

El primero en intervenir fue un miembro destacado de la SAF, **Jean Louis Agati**, con una charla sobre uno de los proyectos en los que trabaja y titulada **“Radial Velocity”**. Se trata de un proyecto en el que participan algunos de los miembros del Comité de Estrellas Dobles de la SAF y que tiene como objeto el estudio de los planos orbitales de binarias visuales para comprobar si existe algún tipo de organización de los mismos. Este trabajo se inició en 1968 y fue retomado en 1988. Hoy en día, incluso después de veinte años, la mejora en la calidad de las observaciones y el aumento de su número, justifican la continuación de este trabajo. La determinación de la orientación del plano de una órbita consiste en encontrar la dirección de la normal de ese plano y, más concretamente, en calcular las coordenadas galácticas del polo de esta órbita. El programa incluye actualmente 82 binarias visuales y una docena de binarias astrométricas del sexto catálogo de orbitales del USNO para las cuales se conoce la paralaje. La parte difícil de este trabajo consiste en determinar el nodo ascendente de la órbita real. Si conocemos los elementos orbitales y la paralaje, es entonces posible determinar las coordenadas galácticas del polo. Tras recordar algunas definiciones, Jean Louis expuso algunos ejemplos para que nos hiciésemos una idea del enfoque del trabajo, así como de las dificultades encontradas. Como curiosidad comentaros que Jean Louis es una de las personas que participó activamente en el diseño del micrómetro de doble imagen Lyot desarrollado en el ámbito de la Comisión de Dobles de la SAF.

Tras Jean Louis, le tocó el turno a otro de nuestros vecinos franceses, **Laurent Corp**, un afamado variabilista, miembro de AFOEV-AAVSO que con su conferencia titulada **“How to measure the eclipsing binaries minimum”** hizo mención al hecho de que las binarias eclipsantes son estrellas poco estudiadas por los astrónomos amateurs. Según sus palabras, observándolas, el amateur apasionado por las dobles se convierte en fotometrista. En su intervención nos mostró de una manera magistral, los diferentes tipos de binarias eclipsantes. También hizo referencia al instrumen-

tal usado (Telescopios, CCD, filtros, etc.), a cómo podemos predecir y medir los mínimos de los eclipses, además de hablarnos del software y métodos utilizados para efectuar la reducción de las imágenes. Para acabar nos mostró las curvas de luz obtenidas a lo largo de diversas campañas, comentando las características particulares de cada una de ellas. Lo cierto es que nos dejó a todos con ganas de empezar a medir eclipses.

A continuación presentaba uno de nuestros fantásticos anfitriones. **Carlos Schnabel**, gran aficionado y mejor persona, que centró su interesantísima charla en el tema “**Double star occultations by the Moon**”.



Según nos contó Carles, las ocultaciones lunares son uno de los caminos que podemos seguir para obtener valiosas mediciones de estrellas dobles. Los principales centros de reducción RGO y LDCI no procesan observaciones de estrellas dobles, sin embargo actualmente el IOTA está haciendo importantes esfuerzos por compilar este tipo de datos. Resulta que a partir de dos o más observaciones realizadas desde distintos lugares podemos medir con bastante precisión los parámetros de theta y rho. Además, con un video que registre la curva de luz podemos obtener una buena medida del brillo relativo de las componentes de una estrella doble. Con este método, las separaciones por debajo de los  $0,1''$  pueden ser detectadas y medidas con precisión. Y todo ello gracias al software *Occult*, creado por David Herald, con el que podemos detectar, predecir e informar las ocultaciones de estrellas dobles.

Al igual que por la mañana, la tarde prometía...

El siguiente de la lista era otro de los “históricos” de la SAF. **Pierre Durand**, quien nos estuvo presentando una comunicación titulada “**Re-observation of Muller Double Stars. Provisional results**”. Pierre nos mostró, con la rigurosidad que le caracteriza, un minucioso trabajo realizado a lo largo de los años por varios astrónomos franceses y cuyo objetivo es el de confirmar y medir los pares descubiertos por el gran Paul Muller (1910-2000) que ejerció como astrónomo en los observatorios de Strasbourg, Meudon, Nice, y Cerga, además de ser consejero científico de la Comisión de Dobles de la SAF des-

de su creación en 1981. En 2010, P. Durand y P. Pinlou han reobservado y anotado las medidas de theta, rho y delta magnitud de más de la mitad de las dobles del programa. Las observaciones y verificaciones del equipo de Pierre han dado como resultado el descubrimiento de cuatro nuevas estrellas dobles designadas OCA 1 a OCA 4. Los resultados de este fantástico trabajo se publican año tras año en la revista especializada “**Observations & Travaux**” de la que Pierre es editor.

Para continuar con la ronda de comunicaciones vespertina, **Antonio Bernal**, responsable del Observatorio Fabra de Barcelona (mi observatorio preferido, por cierto) nos ilustró con su comunicación “**Visual double star observations from Fabra Observatory**”. Antonio nos expuso de una manera magistral los detalles de sus observaciones así como sus “trucos” para poder sacar el mejor partido de un instrumental excelente pero algo oxidado por falta de uso, antes de que él se hiciera cargo del observatorio. En su intervención nos comentó con gran cantidad de detalles, cómo el centenario refractor Mailhat de 38 cm ha sido utilizado con éxito para medir el ángulo de posición y la separación de algunas dobles *neglected* con magnitudes visuales comprendidas entre 10 y 12. También nos explicó como previamente fue necesaria la sustitución de los hilos de tela de araña originales del micrómetro por unos hilos de nylon de 10 micras de grosor, así como la recalibración del instrumental de medición. ¡¡Bravo por Antonio!!: un doblista moderno usando técnicas e instrumental de los viejos tiempos...

El siguiente en intervenir fue el matemático de la UPM, **Rafael Hernández**: “**Mathematical aspects of calculation orbits in long period visual systems**”. Rafael nos sorprendió a todos al hablarnos sobre el método matemático que ha desarrollado y con el que se pueden calcular órbitas preliminares de sistemas dobles visuales de largo periodo, disponiendo tan sólo de las medidas de 6 ángulos de posición y la de una separación. En su exposición hizo un repaso acerca de la mecánica de los sistemas estelares dobles, desde un punto de vista matemático. También nos explicó qué nociones geométricas como la invariancia, están detrás de los diferentes métodos de determinación de órbitas de estrellas dobles visuales. Para acabar, nos comentó brevemente sus ideas acerca de cómo implementar programas informáticos para automatizar la determinación de los parámetros orbitales de estrellas dobles visuales.

Acabamos la jornada del sábado con la exposición por parte de **Bob Argyle** de la comunicación enviada por el Vice- Presidente de la Comisión 26 de la IAU, **Brian Mason** y titulada “**Current Statistics on Visual Double Stars**”. En un principio Brian se iba a dirigir al auditorio mediante videoconferencia. Pero al final por problemas técnicos derivados de las medidas de seguridad del USNO y que no permitieron la instalación de Skype en el ordenador de Mason, fue imposible poder verle y escucharle en directo. De todas maneras Bob, que es un hombre acostumbrado a

hablar en público y que conoce a la perfección el trabajo desarrollado por Mason y sus “chicos”, nos deleitó con una comunicación que hacía referencia a los datos estadísticos manejados por el USNO acerca de la evolución en el número de mediciones, tipología de dobles medidas, tipos y métodos de observación, tipología de los observadores, etc. En fin, una exposición interesante que nos mostró cómo ha evolucionado el estudio de las estrellas dobles en los últimos 20 años.

Como sorpresa final, los miembros de la AAS nos habían preparado una visita a la increíble biblioteca de la agrupación, donde pudimos hojear cantidad de libros históricos como algunos originales de Camille Flammarion o un increíble Atlas Lunar realizado a finales del siglo XIX confeccionado con fotografías de ¡¡1 metro por 50 centímetros!!

Todos nos quedamos embobados pudiendo ver, e incluso hojear, tan exclusivos ejemplares. Lo cierto es que el fondo bibliográfico y documental de la ASS es algo envidiable...y su biblioteca un santuario de la astronomía.

Pero no acababan aquí las sorpresas. Los amigos de la AAS nos tenían reservada una visita a su espectacular observatorio, con un impresionante telescopio de 50 cm y doble foco Newton-Cassegrain, comandado desde una increíble sala de control completamente informatizada. Aunque conozco bien el equipo, no me canso de verlo, tocarlo y admirarlo cada vez que voy a Sabadell.

## DOMINGO 24 Octubre 2010

Pues bien, aunque el programa marcaba la primera intervención a las 10:00, Carlos Schnabel nos convocó para que sobre las 9:30 estuviésemos en el observatorio ya que era para esa hora cuando se tenía prevista una comunicación mediante videoconferencia desde Camberra (Australia) a cargo de **Dave Herald**, Presidente de la International Occultation Timing Association (IOTA).

Durante la comunicación titulada “**Lunar occultations: double stars predictions & observations**”, Herald nos estuvo hablando de la metodología de trabajo que sigue para la preparación de una sesión de observación de dobles por ocultaciones lunares. Muy en línea con el trabajo presentado por Carles Schnabel. También hizo referencia al software Occult, del cual es creador y del que el día anterior ya nos había hablado Carles Schnabel, un apasionado especialista en ocultaciones. ¿Nos os parece increíble? Una intervención desde la otra punta del mundo y era como si Herald estuviese allí con nosotros...

Después de la intervención de Dave, **David Valls** a instancias de Tòfol Tobal, nos sorprendió con una charla no programada titulada “**Astrophysical interest of proper motion wide pairs**”. Valls nos habló sobre la importancia y consecuencias científicas que tiene el trabajo de prospección sistemática del



Survey en el que trabajo junto con los chicos del OAG. Acabó su intervención agradeciendo de manera muy efusiva la labor de los amateurs, que complementa los trabajos de los profesionales haciendo avanzar la astronomía mucho más de lo que nosotros nos pensamos. Algo muy motivador para todos los “Am” que allí nos encontrábamos.

Continuando con el programa previsto, el siguiente en hablar fue **Xavier Miret**, quien con la comunicación titulada “**OAG Common Proper Motions Wide Pairs Survey**”, nos expuso con gran entusiasmo y claridad un proyecto en el que tengo la suerte de participar activamente junto a ellos y otros nueve equipos de aficionados y profesionales dedicados de lleno a una prospección sistemática del cielo, a través de las herramientas que nos ofrece ALADIN. Su objetivo es encontrar nuevos pares de estrellas con movimientos propios comunes, que puedan formar sistemas físicos y que aún no están catalogados. El método consiste en combinar mediante un “blink” RGB imágenes



del POSS1 y POSS2. Para la obtención de los movimientos propios, se cruzan los catálogos USNOB1 y NOMAD1. Las coordenadas polares se obtienen directamente de las imágenes haciendo uso de la herramienta “dist”. Básicamente se buscan estrellas sin límite de magnitud y con  $CPM > 50$  msa/año al menos en una de las dos coordenadas.

Los datos que se acumulan hasta ahora, después de la exploración de 00h a 03h en la AR de la zona ecuatorial ( $\pm 20^\circ$  DEC) han dado como resultado la detección de 225 nuevos pares incluidos en el catálogo WDS.

La siguiente presentación corrió a cargo de un brillante estudiante de astrofísica de la UCM (y que dará mucho que hablar en un futuro cercano) llamado **Francisco J. Alonso Floriano**. Con el título “**Proper-motion companions to nearby young stars in the Local Association**”, Francisco nos habló sobre un proyecto de investigación en el que haciendo uso de diversas herramientas de OV, como Aladín, se buscan nuevos pares de movimiento propio común en la Asociación Local. La Asociación Local es un grupo cercano de estrellas jóvenes en movimiento, formado por estrellas originadas en la misma nube hace tan sólo entre 10-120 millones de años. Entre las 131 estrellas investigadas se han encontrado 17 nuevas candidatas a compañeras de movimiento propio común. Las separaciones físicas proyectadas varían entre 160 y 1700 ua. Según Alonso, el seguimiento astrométrico continuado, ha confirmado la binariedad de HD 143809 y HD 207377. También nos comentó que con el instrumento CAFOS operando en el telescopio de 2,2 m de Calar Alto, se ha investigado en detalle el sistema HD 143809AB, formado por una primaria del tipo G0V y una enana joven del tipo M1,0-1,5, obteniéndose datos muy interesantes que están en fase de análisis.

Y llegó el turno de **Ignacio Novalbos**... Ya os podéis imaginar los nervios, se trataba de mi presentación oficial en sociedad...y se notó. La comunicación llevaba por título “**Image Reduction Methods and their influence on the Theta/Rho measures**”. En resumen, explicaba que el estudio presentado surge a raíz del proyecto OAG Common Proper Motion Wide Pairs Survey coordinado por el Observatorio Astronómico del Garraf. Durante el desarrollo de dicho



proyecto, se nos plantean ciertas dudas acerca de qué metodología y softwares resultan los más adecuados, para calibrar y posteriormente obtener, la astrometría relativa sobre las placas del Palomar Observatory Sky Survey II (descargadas desde el Observatorio Virtual Aladín) para los nuevos pares localizados por los observadores del proyecto. Es entonces, cuando nos planteamos realizar un estudio sistemático sobre el proceso de calibrado y reducción, haciendo uso de los diferentes métodos y softwares disponibles.

Para el estudio se hizo uso de una selección de dobles, extraídas del Catalog of Rectilinear Elements of Visual Double Stars (USNO). La elección de estos pares no es casual, sino que viene motivada por tratarse de sistemas con movimientos bien definidos y elementos muy precisos. Esto nos lleva a calcular unas efemérides muy fiables (con desviaciones mínimas), que nos permiten poder comparar con gran precisión, las medidas calculadas versus las obtenidas por diferentes métodos, sobre placas tomadas en diferentes épocas. Lo cierto es que si bien la metodología es sencilla, el proceso de obtención de los resultados es largo de explicar, por ello os emplazo al próximo número del OED en el que se publicará un artículo detallando el método y los resultados obtenidos.

Mi sensación al acabar la presentación era la de que, ni había dicho todo lo que quería decir ni cómo lo quería decir...Suerte de la benevolencia del público, que hizo como si lo hubiese entendido todo... De hecho, tuve el honor de que Edgar Soulié y Pierre Durand me hiciesen un par de apreciaciones y comentarios relacionados con el tema expuesto. También debo agradecer a Monsieur Soulié que durante el descanso, se tomara el tiempo de explicarme en detalle su particular método de conversión de coordenadas rectangulares a polares, el cual días más tarde me remitió muy amablemente por correo.

A continuación y después de los nervios del estreno (y para acabar de aclarar aquellas cuestiones sobre las que habían quedado dudas), hicimos un pequeño descanso para tomar un café acompañado, cómo no, de unas deliciosas pastitas y una inmejorable conversación.

De vuelta al auditorio, le tocó hablar a **Florent Losse**, quien nos presentó la comunicación “**Interferometry with mid-sized amateur telescope: why not?**” Alternando genialidad, con graciosos toques de humor, nos dejó boquiabiertos con su exposición sobre la metodología que usa y los resultados que obtiene, cuando realiza Interferometría “Super-Speckle” con una Atik318 y su Newton de 41cm. En su charla nos mostró cómo los métodos de interferometría permiten la obtención rutinaria de medidas de calidad con un telescopio de aficionado. También hizo mención a los resultados obtenidos en una campaña de medición de más de 1000 pares llevada a cabo en su observatorio. Así mismo nos presentó en sociedad la versión 4.5.0 de Reduc, la cual ya permite hacer mediciones mediante interferometría speckle.



Para acabar con el turno de ponencias, el astrofísico **José A. Caballero** (para los que estuvisteis en el Congreso Estatal, el creador de Multiversos) con la conferencia "**Binary systems: from 0°2 to 2°**", nos ilustró sobre una de sus líneas de investigación que trata de poner límites a las separaciones entre las componentes de sistemas binarios relacionadas físicamente.

Contestándose a sí mismo a preguntas como: ¿Cuál es el sistema múltiple con mayor separación entre sus componentes? ¿Cuál es la binaria más masiva con una órbita astrométrica? ¿Cuál es la binaria ultrafría más separada?, Caballero fue desgranando cómo se ha enfrentado y descubierto varios sistemas dobles y múltiples, algunos de los cuales han sido reconocidos como la piedra angular para el estudio de la formación y la evolución dinámica de estrellas binarias de cualquier masa. En su estudio se trabaja con todas las separaciones angulares posibles, desde los 0,25 segundos de arco de sigma Orionis AB, pasando

por los 1,3' de Koenigstuhl 1AB, hasta los 2,6 grados de alfa Librae + KU Librae.

Lo cierto es que resulta verdaderamente curioso saber que existen sistemas con relación física cuyas componentes presentan una separación de más de 2° y que encima sirven como modelos para el estudio de la evolución estelar.

Antes de la despedida, aún tuvimos la oportunidad de que Florent nos hiciese una demostración práctica sobre el uso de la nueva versión de Reduc, con imágenes reales: increíbles las nuevas utilidades y el resultado obtenido. Las medidas son de una precisión sin igual, ¡¡¡incluso utilizando sus peores imágenes!!!

Ahora sí. Ya había llegado el triste momento de la despedida. Tòfol nos emplazó a seguir en la misma línea de trabajo que hasta ahora y propuso dar un carácter bienal al Encuentro, punto en el cual todos los asistentes estuvimos en total acuerdo.

Incluso Laurent Corp se ofreció a que el Encuentro de OED del 2012 se celebre en Francia... **Merci Beaucoup, Laurent!!**

Una copita de cava, abrazos, nuevos amigos y, por supuesto, un ¡¡HASTA PRONTO!!

Aquí acaba mi particular crónica del II Encuentro de OED. Para todos aquellos que deseéis ampliar la información sobre cada una de las intervenciones, aquí tenéis la dirección de la Web del Observatori Astronòmic del Garraf donde podéis visualizar y descargar todas las presentaciones expuestas en este inolvidable congreso dedicado por completo a las dobles: <http://www.oagarraf.net/Comunicacions/OAG%20CPM/Full%20papers%20II%20Meeting%202010.html>

Hasta pronto amigos. ☺

## Hace 10 años...

### Reunión de la Comisión de Estrellas Dobles de la SAF, 2000

Hace algo más de diez años, durante el 7 y 8 de Octubre de 2000, tuvo lugar el Encuentro Internacional de Observadores de Estrellas Dobles organizado por la Sociedad Astronómica de Francia (SAF), la Agrupación Astronómica de Castelldefels (AAC) y el Observatorio Astronómico del Garraf (OAG). Aquel fue mi primer encuentro con doblistas de otras partes de España y de Francia, todos ellos con un altísimo nivel en aquel entonces inalcanzable para mí. A título personal fue una experiencia única e inolvidable imposible de describir en estas pocas líneas. Es difícil destacar alguna de las ponencias, ya que todas ellas fueron de excelente nivel, aunque recuerdo que me impresionaron vivamente las impartidas por David Valls: "La distancia de las Pléyades", E. García: "El GEA y la observación de Binarias Eclipsantes" y Francisco Rica: "Estudios de estrellas dobles visuales sobre imágenes digitalizadas".

Fuera del programa oficial pudimos compartir muchas vivencias únicas con todos los asistentes. Ahora, tras el paso de los años, recuerdo vivamente el excelente trato de Tòfol Tòbal (OAG) y Alfonso López Borgoñoz (AAC), que nos hicieron sentir como si realmente estuviésemos en casa; la cercanía de Josefina Ling (astrofísica del Observatorio Astronómico Ramón M. Aller), con la que compartimos buenos ratos de conversación; la salida nocturna en Sitges junto a David Valls, Tòfol y Francisco Rica y por supuesto, haber conocido en persona a este último (Paco Rica), con el que ya colaboraba desde hacía algunos años por medio del correo ordinario pero no sabíamos qué aspecto teníamos (tanto es así, que desde Madrid viajamos en el mismo tren hasta Barcelona sin llegar a saberlo). En definitiva, fue una experiencia única que recordaré durante toda la vida.

*Rafael Benavides Palencia*



CRÉDITO DE LA IMAGEN: AGRUPACIÓN ASTRONÓMICA DE CASTELLDEFELS

# ESPIN

## una vida de pasión astronómica

*Esta es la historia de un astrónomo solitario al que le gustaban los gatos, una vida rutinaria y tranquila en una olvidada vicaría del extremo norte de Inglaterra...y las estrellas dobles, por las que llegó a sentir una verdadera pasión. Se trata de Thomas Espin, la ES del WDS. Uno de mis doblistas favoritos.*

Juan-Luis González Carballo

EN ALGUNAS OCASIONES uno tropieza con un astrónomo que le llama poderosamente la atención. Es difícil explicar en la mayoría de los casos el por qué. A veces se debe a que el astrónomo en cuestión ha tenido una vida apasionante llena de descubrimientos de gran trascendencia en el devenir de la ciencia de los cielos; en otros casos a que ha ostentado grandes cargos académicos y honorarios... Me ha ocurrido antes varias veces. Con William Herschel o con Edmund Halley, por ejemplo. Pero nunca con un simple astrónomo que puede ser considerado como de *segunda fila*: un simple observador de los cielos que ni siquiera tenía a la astronomía como dedicación profesional pero cuya pasión por la observación le llevaba a practicar astronomía incluso cuando se sufrían tremendas olas de frío

de varios grados bajo cero, que podían estar toda la noche en el interior de su observatorio bajo la única compañía de los astros. En estos casos es imposible no sufrir una cierta empatía hacia él ya que nosotros mismos nos hemos visto envueltos en esa *astrofilia* incurable que nos lleva a cometer temeridades de ese tipo. Y, sin embargo, explicar esa atracción continúa siendo complicado pero hay algo que, sin haberlo previsto, te conecta con un astrónomo del pasado de tal manera que quedas atrapado en sus más íntimos detalles y pasa a convertirse, de esta forma, en casi un miembro de tu familia, un astrónomo de referencia al que acudes con frecuencia en tus preferencias observacionales e, incluso, te descubres - mientras lees un libro o ves una película- elucubrando si el personaje biografiado

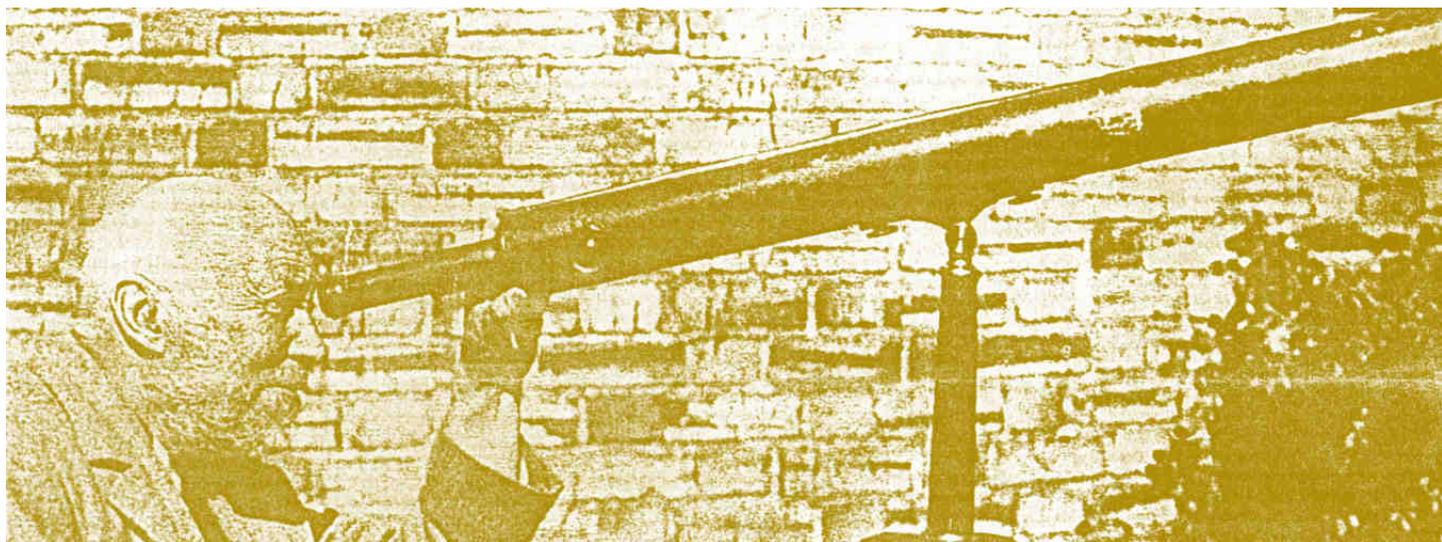
seguía vivo en aquellos años, si ya había construido su observatorio o publicado tal trabajo.

Y me ha vuelto a ocurrir. En esta ocasión con un oscuro y solitario reverendo de una minúscula y perdida vicaría del lejano noreste inglés: **Thomas Espin**.

No cabe duda de que el Washington Double Star Catalog (WDS) es una fuente inagotable para aquellos que gustan conocer a astrónomos pretéritos. Siempre me ha gustado averiguar el significado de esas siglas con las que comienzan todas las entradas del catálogo: ¿qué significa esa STF tan fecunda en el WDS? ¿Y la J? ¿Qué astrónomo se esconde tras la BU? Quienes hayan leído con frecuencia mi últimamente abandonado blog (La Décima Esfera, <http://ladecimaesfera.blogspot.com>) ya tendrán noticia de ello. Y no hace mucho me encontré en esa misma tesitura cuando me pregunté, mientras observaba estrellas abandonadas del Proyecto SEDA-WDS centradas en la constelación de Lacerta, quién demonios sería el astrónomo detrás de la ES de ES1465. Sobra decir que no estaba encontrando ese huidizo par y me preguntaba

*qué narices* habría observado en 1915 ese astrónomo.

Pero satisfacer ese deseo de conocimiento sobre el personaje de tus preferencias no es siempre fácil. Hay mucha bibliografía sobre Isaac Newton o Galileo Galilei. Pero no sobre Espin. Es muy fragmentaria, dispersa y localizada en lugares de difícil acceso. No obstante, en mi caso he tenido la fortuna de poder contar con una serie de contactos privilegiados que me han abierto las puertas para el conocimiento más o menos detallado de la vida de nuestro personaje. Es, pues, de justicia que, antes de entrar en un más detallado repaso a la vida y obras de nuestro astrónomo, mencione expresamente mi más profundo agradecimiento a **Mr. Simon Murray** y a **Mr. David Hughes**, de la Newcastle Astronomical Society, al profesor **F. Richard Stephenson**, a **Mrs. Pauline Russell**, de la Universidad de Durham, por sus documentos gráficos, a **Mrs. Carol Harris**, de la biblioteca de la citada institución universitaria, por su amable cesión de una detallada e inédita biografía sobre Espin, así como a **Mr. Graham Espin** por cierta información publicada en algunos periódicos ingleses. A todos ellos, mi más profundo agradecimiento.



Un anciano Espin posa en el jardín de su vicaría con el viejo refractor de 5 cm que le acompañó desde su juventud (cortesía Mrs. Harris).

## NOTAS BIOGRÁFICAS

El reverendo **Thomas Henry Espinell Compton Espin** nació el 28 de mayo de 1858 en Birmingham. Existe una curiosa anécdota que explica el porqué de tan extenso nombre para las costumbres británicas. El recién nacido Thomas fue inscrito en el registro civil con el mismo nombre que su padre, Thomas Espinell Espin. Sin embargo, en el justo momento de ser bautizado, y ante la atónita mirada del sacerdote y sus padres, su madrina, Julia Compton, una solterona que había perdido toda esperanza de matrimonio, insistió en que debía llevar el nombre de su familia, pues era su única expectativa para transmitir sus apellidos a la posteridad. Y siguiendo las normas de cortesía, no

hubo otro remedio que ceder, con lo que el joven Espin tuvo que llevar toda su vida, sin el agrado de su familia, tal nombre. Irónicamente, Espin murió sin haberse casado, por lo que sus apellidos (así como los de su excéntrica madrina) se perdieron para siempre haciendo infructuoso su inesperado intento.

Thomas Espin fue el hijo único de Thomas Espinell Espin, que ocupaba diversos cargos eclesiásticos de diversa importancia en la diócesis de Chester, siendo también profesor de Teología en el Queen's College de Birmingham, y de Eliza Espin. Gozó, por tanto, de una infancia cómoda, acorde con una familia de



Iglesia de St. Philip and St. James de Tow Law, construida en estilo neogótico en 1867 y en la que Espin desarrolló sus oficios religiosos durante 46 años (cortesía de Mrs. Harris).

clase acomodada, pero sin grandes riquezas. Pudo recibir una esmerada educación, primero en su propia casa gracias a las atenciones de su padre, y después en el Haileybury and Imperial Service College de Hertford para culminar su formación en el Exeter College de la Universidad de Oxford, donde se licenció con honores en 1881. Justo un año después fue ordenado diácono y meses después se consagró como pastor en una ceremonia oficiada por el obispo de Chester. Entre 1882 y 1885 lo encontramos desempeñando cargos de auxiliar en las parroquias de West Kirby y Wolsingham; este último destino lo desempeñaría hasta 1888 en que fue nombrado párroco perpetuo de la cercana iglesia de Saint Philip y Saint James de la pequeña localidad de Tow Law. Allí permanecería hasta su muerte, ocurrida en 1934 a la edad de 76 años.

Tow Law era una pequeña ciudad del condado de Durham, a unos 30 km de Newcastle. Habiendo sido una localidad eminentemente ganadera, a mediados del siglo XIX había conocido una industrialización de cierta relevancia por los altos hornos construidos por Charles Attwood. Su población se duplicó a lo largo del siglo XIX, entrando en franca recesión tras la Primera Guerra Mundial. Es conocida como una de las localidades situadas a mayor altitud de Inglaterra, famosa por sus ventiscas y fríos inviernos... Mal sitio para un astrónomo, desde luego.

A lo largo de su vida siguió recibiendo diversos cargos religiosos y académicos, ya fueran estos honorarios o académicos. Así, por ejemplo, desde 1890 era juez de paz del condado de Durham y en 1893 consiguió un máster por la Universidad de Oxford (MA).

Sobre el carácter de Espin y sus rutinas vitales en Tow Law es muy difícil encontrar fuentes de información, fundamentalmente por no haber tenido descendientes y por haber llevado una vida discreta y humilde. No obstante, cuando en 1972 Arthur Brown presentó su tesis en la Universidad de Durham sobre la vida de Espin, había podido mantener entrevistas personales con personas que todavía habían tenido ocasión de conocerlo personalmente, siendo una verdadera joya para acercarnos a la vida íntima de nuestro astrónomo. Gracias a ello sabemos que fue un hombre muy amante de costumbres que no solía cambiar por nada, teniendo un carácter detallista y dado a ser un tanto maniático. En los años 70 todavía se recordaba en la pequeña comunidad en la que vivía su rotunda negativa a que las mujeres formaran parte del coro de la iglesia (por lo que fue tildado de misógino); igualmente, era un fumador compulsivo de tabaco en pipa y de cigarrillos puros, aunque detestaba los cigarrillos, que no tomaba nunca, por cierto, antes de comer carne. Le gustaban los gatos (eran su mejor compañía, según decía) y uno de ellos, de nombre Kip, era el único al que permitía acceder al observatorio mientras trabajaba. Suponemos que su ayudante, el joven William Milburn (natural de Tow Law), también gozó del privilegio de acceder al interior del observatorio, pues de otra forma difícilmente hubiera podido desarrollar su trabajo. A pesar de todo, algo de cierto tiene que haber en la afirmación de su carácter solitario pues le sufragó la construcción de otro observatorio cercano para su uso. *Cada uno en su observatorio y Dios en el de todos*, debió pensar. Por cierto, Milburn es la MLB del WDS.

Vicaría de la iglesia de Tow Law en la que residió Espin. Entre ambos edificios Espin pudo construirse un excelente observatorio en el que desarrollar su afición (cortesía de Mrs. Harris).





Espin junto a su ayudante, el joven Milbourn, observando instrumental, posiblemente uno de sus muchos espectroscopios (cortesía de Mr. Graham Espin).

En Tow Law pudo llevar una vida agradable y tranquila, de plena dedicación a sus cargos y aficiones. Era conocido por pasar noches enteras en el observatorio, incluso las más frías. Junto a la iglesia pudo disponer de una confortable vicaría rodeada de jardines.

A pesar de sus manías, fue un hombre querido y respetado en su comunidad. Años después de su muerte, se le construyó un túmulo funerario en su memoria en los jardines de la iglesia y durante toda una generación muchos jóvenes de la localidad recordaban sus ingeniosos juegos y campamentos que pudieron disfrutar en las brigadas juveniles que creó en su vicaría (en la que, por cierto, también había sección femenina). Al propio Milburn le ofreció la oportunidad de tener un trabajo remunerado nada más graduarse en Oxford y pudo disfrutar de él hasta la muerte de Espin.

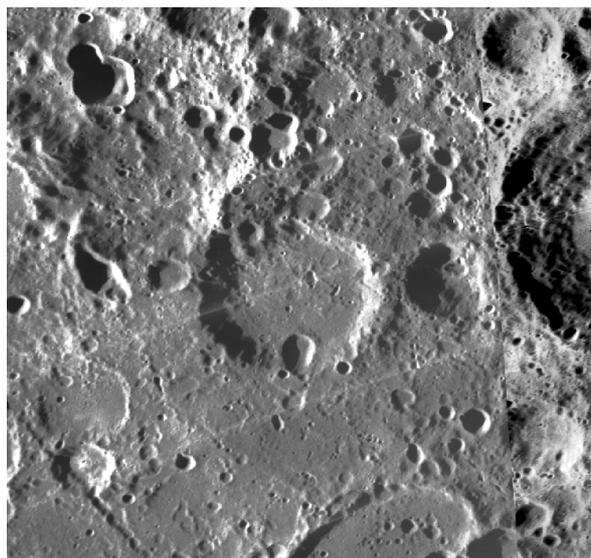
Además de sus trabajos como clérigo y astrónomo, Espin se interesó por numerosos campos de la ciencia: fue un pionero en el uso de la fotografía astronómica, de la espectroscopia, así como del uso de los rayos X aplicados a la medicina (tanto que llegó a construir un sanatorio en sus terrenos para el cuidado de los tuberculosos). Igual interés desarrolló por la botánica o la geología, ciencias que pudo practicar no sólo en los yermos páramos de Durhamshire, sino también en sus largas vacaciones veraniegas (otra de sus rutinas) en las que viajaba al continente en compañía de Milburn hasta que este se casó. Precisamente observando plantas y formaciones geológicas en el Vesubio se perdieron en 1924 debido a las fumarolas y tuvieron que ser rescatados tras una intensa búsqueda.

Tras su muerte donó la mayoría de sus instrumentos científicos al médico local y cedió sus telescopios a otros astrónomos. Permitted el uso de por vida de

su observatorio a Milburn, que lo siguió utilizando hasta los años 50. Posteriormente fue abandonado y, con el paso del tiempo, arruinado, no quedando nada de él en nuestros días.

## VIDA ASTRONÓMICA

En la cara oculta de la Luna, a poco de traspasarse el limbo noreste de la cara visible desde la Tierra, se encuentra un destacado cráter de 75 km de diámetro llamado Espin, el cazador de estrellas en la soledad de su pequeño observatorio de la lejana vicaría de Tow Law.



Cráter Espin (Lunar Orbiter, © NASA).

Tal honor no es concedido por la Unión Astronómica Internacional de manera fortuita. Realmente Espin fue un astrónomo bastante conocido en su época, y no sólo por su infatigable labor en la observación y descubrimiento de estrellas dobles. Desarrolló una intensa carrera como investigador que estuvo plagada de satisfacciones, además de fomentar la labor asociativa entre los aficionados a la astronomía de su país, curioso en una persona profundamente solitaria como él.

Los inicios de su interés por los cielos parecen remontarse a la temprana edad de 14 años mientras cursaba estudios en el colegio Haileybury, en torno a 1873. Un profesor, F. J. Hall, despertó en él la curiosidad por la astronomía, pudiendo disfrutar de sus primeras observaciones telescópicas gracias al pequeño observatorio del colegio. Debido a su pronta desaparición me ha sido del todo imposible averiguar con qué equipo recibió su bautismo observacional el joven Espin; lo que es evidente es que la semilla de la astronomía quedó sembrada en su alma y esa pasión por los cielos no le abandonaría durante el resto de su vida. Y un acontecimiento ocurrido sólo unos meses más tarde no hizo más que agrandarla. El 17 de abril de 1874,



ción que promoviera, pues en 1904 le encontramos haciendo lo propio con la Newcastle Astronomical Society, de la que sería su presidente hasta su muerte en 1934. Igualmente, fue socio fundador de la principal sociedad amateur de Gran Bretaña, la British Astronomical Association, además de ser miembro honorario de la Sociedad Astronómica de México, miembro correspondiente de Royal Astronomical Society of Canada, de la American Astronomical Society y de la American Astronomical and Astrophysical Society.

desde el Observatorio de Marsella, el astrónomo francés (de origen corso) Jérôme Euène Coggia había descubierto un cometa. Para el 27 de junio el cometa (hoy llamado C/1874 H1) ocupaba una excelente posición en la zona circumpolar del cielo entre la Osa Mayor y la Menor. La cola del cometa era realmente espectacular y acaparó la atención del mundo durante unas semanas. De hecho, fue un cometa lo suficientemente brillante como para ser estudiado espectroscópicamente. La fascinación de Espin por este objeto supuso un espaldarazo definitivo por su inclinación hacia la astronomía.

Tan sólo 18 meses después de ese afortunado bautizo astronómico, el 11 de enero de 1878, fue elegido miembro de la Royal Astronomical Society (RAS), un hecho del todo inusual por la juventud del nuevo asociado, convirtiéndose en el miembro más precoz jamás elegido.

Por esas fechas comenzó a publicar sus observaciones con cierta frecuencia en publicaciones menores como el *English Mechanics*. En esos años de formación astronómica mantuvo importantes contactos con astrónomos destacados, como Thomas W. Webb al que ayudó en la compilación de su libro de objetos celestes (y cuyas siguientes reediciones estuvieron a su cargo), por el profesor de la cátedra saviliana de Oxford Charles Pritchard, que actuó como su mentor en las sesiones de trabajo al telescopio mientras se graduaba en Oxford.

Por esos años comenzó a gestarse la idea de la creación de una agrupación astronómica en Liverpool, apareciendo formalmente en 1881 la Liverpool Astronomical Society, siendo Espin miembro fundador. No sería la última asocia-

Una vez establecido en el noroeste del país al obtener uno de sus primeros cargos eclesiásticos en 1885, y tras construirse su primer observatorio, su labor astronómica y editorial no paraba de crecer y estaba cada vez más definida en la observación de estrellas rojas, en los estudios espectroscópicos y, tímidamente al inicio, en estrellas dobles. Además de las circulares de las agrupaciones en las que formaba parte, comenzó a editar circulares del Observatorio de Wolsingham que publicaba en diferentes medios de la época, como las *Monthly Notices* de la RAS, por ejemplo, pero también en publicaciones foráneas, como el *Astronomische Nachrichten*. Esta costumbre duraría toda su vida y es de especial mención su catálogo de estrellas rojas.

No cabe duda que uno de sus momentos más gloriosos en la afición astronómica fue el descubrimiento, en 1910, de una nova en la constelación de Lacerta, conocida como la Nova Lacertae 1910 (actualmente, DI Lac). Alcanzó un brillo de 4,6, decreciendo durante 37 días hasta situarse en su magnitud acostumbrada (entre la 14ª y la 15ª). Espin la descubrió el 30 de diciembre de ese año mientras observaba estrellas dobles en esa región del cielo justo tras la

528

*Rev. T. E. Espin, Micrometrical*

LXII, 7,

*Micrometrical Measures of Double Stars with the 17¼-in. Reflector.*  
By the Rev. T. E. Espin, M.A.

I.—*Stars of the Mensurae Micrometricae.*

In the following list Column 1 gives the number in  $\Sigma$ , Column 2 the approximate R.A. and Decl. for 1880, Column 3 the position angle, Column 4 the distance, Column 5 the number of nights, Column 6 the magnitudes, Column 7 the date, Column 8 notes.

$\Sigma$	R.A. 1880. Decl.	P.	D.	Nights.	Mags.	Date.	
	$\begin{matrix} h & m & s \\ \circ & ' & '' \end{matrix}$	"	"				
16	10 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> + 54 <sup>s</sup> 0 <sup>o</sup> 0 <sup>'</sup>	37 <sup>o</sup> 24 <sup>'</sup>	5 <sup>''</sup> 75 <sup>'''</sup>	3	...	00 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup>	
30	20 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> + 49 <sup>s</sup> 19 <sup>o</sup>	30 <sup>o</sup> 1 <sup>'</sup> 20 <sup>''</sup>	18 <sup>''</sup> 25 <sup>'''</sup>	3	7 <sup>o</sup> 8 <sup>'</sup> 4 <sup>''</sup>	99 <sup>h</sup> 98 <sup>m</sup>	Note 1.
45	32 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> + 46 <sup>s</sup> 18 <sup>o</sup>	87 <sup>o</sup> 25 <sup>'</sup>	13 <sup>''</sup> 43 <sup>'''</sup>	2	7 <sup>o</sup> 5 <sup>'</sup> 9 <sup>''</sup> 5 <sup>'''</sup>	00 <sup>h</sup> 60 <sup>m</sup>	Note 2.
59	41 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> + 50 <sup>s</sup> 47 <sup>o</sup>	15 <sup>o</sup> 08 <sup>'</sup>	1 <sup>''</sup> 79 <sup>'''</sup>	2	...	00 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	AB motion.
		124 <sup>o</sup> 87 <sup>'</sup>	34 <sup>''</sup> 71 <sup>'''</sup>	2	c = 12 <sup>o</sup> 2 <sup>'</sup>	00 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup>	AC. C and D not observed before.

Una de las publicaciones originales de Espin. MNRAS, 1902, nº 65.

puesta del sol y notar que aquella brillante estrella no aparecía en sus cartas de Argelander. Corrió hacia la vicaría a por su espectroscopio para intentar obtener el espectro del nuevo astro. Media hora más tarde volvía a correr, esta vez hacía la estafeta de telégrafos para poner un telegrama al Observatorio de Greenwich, desde donde se comunicó el descubrimiento al de Harvard, donde obtuvieron fotografías esa misma noche.

No cabe duda de que Espin vivió su momento de gloria con este descubrimiento y entre sus parroquianos se celebró como un motivo de orgullo local. Una amplia reseña del descubrimiento apareció publicada en *The Times* y la prensa de todas las ciudades británicas y europeas alabaron su destacada labor como astrónomo. Como recompensa, en 1913 le fue concedida la medalla Jackson-Gwilt de la RAS.

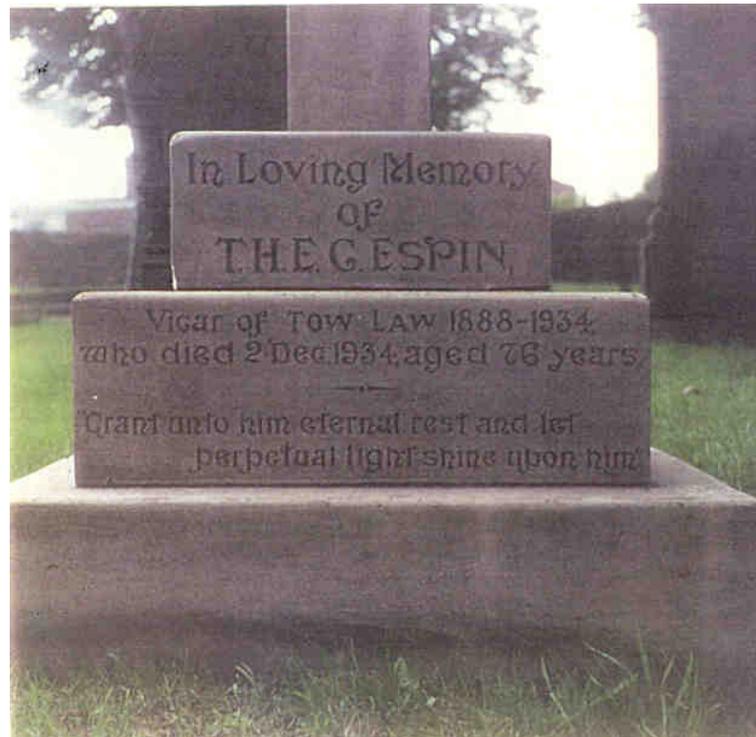
Curiosamente, a partir de ese momento, sus trabajos se centraron, casi exclusivamente, en la catalogación de nuevos pares de estrellas dobles, alcanzando los varios miles en sus años de madurez. No obstante, todavía tuvo tiempo de descubrir varias estrellas variables y hasta 20 objetos de cielo profundo que forman parte del Index Catalog (IC), entre nebulosas de emisión, cúmulos abiertos y hasta una nebulosa planetaria.

El resto de su vida, se mantuvo como observador activo hasta la edad de 74 años, sólo dos años antes de fallecer, lo dedicó con verdadera pasión a la observación de estrellas dobles, convirtiéndose en un verdadero apasionado por su observación y catalogación. La lista de publicaciones al respecto es interminable, especialmente cuando a partir de 1912 contó con la ayuda de Milburn.

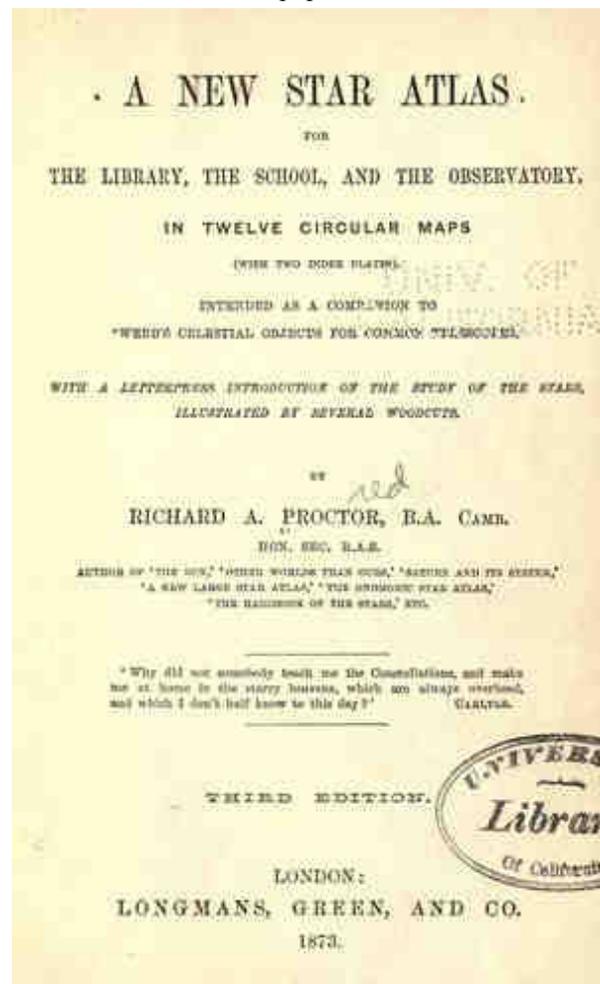
Su fallecimiento, ocurrido el 2 de diciembre de 1934, se debió a una grave bronquitis que le provocó una insuficiencia cardíaca. La noticia de su muerte conmocionó a su comunidad y apareció recogida en todos los periódicos del país. Es especialmente emotivo el obituario que publicó Milburn a comienzos de 1935. Además de hacer en él el típico repaso a su vida privada y profesional, así como a sus destacados logros astronómicos, nos describe a un humilde reverendo de parroquia rural, afable y solitario, que siempre tuvo la vista puesta en los cielos.

## LOS TELESCOPIOS DE ESPIN

La posición acomodada que disfrutó Espin a lo largo de su vida le permitió disponer de un equipamiento científico y astronómico que podemos considerar como puntero en su época. Hombre de escasos gastos (ya hemos comentado que llevaba una apacible y austera vida en su parroquia de Tow Law), pudo invertir importantes cantidades de dinero en la adquisición



de buenos telescopios, la mayoría de ellos de gran tamaño y calidad, lo que le permitió convertirse un observador aventajado hasta el punto de poder permitirse la cesión de excelentes equipos a otros aficionados.





Micrómetro de Troughton & Simms (Londres, 1858), muy similar al empleado en sus primeros años por Espin (fuente: <http://www.transits.mhs.ox.ac.uk>).

Aunque su instrumental científico sobrepasa los límites de lo meramente astronómico (conocemos con bastante exactitud una detallada relación del mismo en base a su testamento; máquinas de rayos X, espectroscopios, cámaras fotográficas...), nos centraremos en el presente artículo en el instrumental óptico y en los accesorios que le permitieron realizar sus observaciones astronómicas.

Su primer instrumental óptico consistía en unos simples gemelos de ópera que usó durante su estancia en Haylebury. No obstante, entre 1872 y 1876 pudo disfrutar del uso de un pequeño telescopio Dollond de 1", así como de un refractor construido por Large de 3". En 1876, gracias a un regalo de un amigo de la familia, pudo disfrutar de su primer telescopio serio: un refractor Tully de 5" (127 mm.) provisto de un buscador de 1". Con él realizó observaciones sistemáticas apoyándose en el planisferio celeste de Malby y en el "A New Star Atlas" de R. A. Proctor (página anterior).

Dada su vocación al estudio pormenorizado de las estrellas, siempre anheló disponer de aparatos de medición que le permitieran obtener valores objetivos en sus observaciones. Aunque sus primeras estimaciones astrométricas y fotométricas fueron realizadas a ojo, en 1883 pudo adquirir un fotómetro, en 1884 un astrógrafo de 4,5" de la prestigiosa firma Grubb y en 1886 un espectroscopio McLean. Con estos instrumentos trabajó en su catálogo de estrellas (llegó a procesar 500), un tema que apasionaba por aquellos años, siendo inspirado en el catálogo de estrellas rojas de Birmingham.

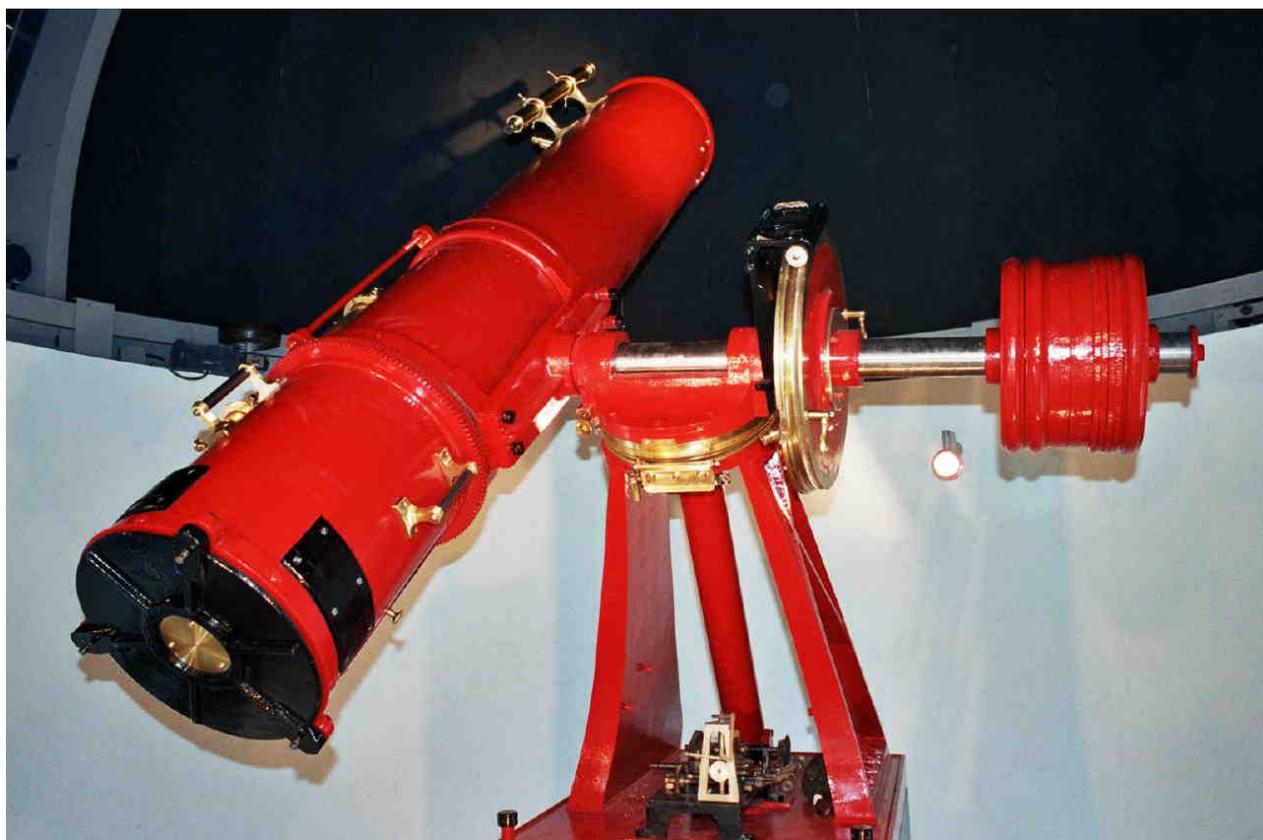
Los años siguientes continuaron significando mejoras instrumentales (como el astrógrafo de 8" que adquirió en 1892 tras recibir a la muerte de su madrina, Julia Compton, a la que tenía que agradecer su extenso nombre, una pequeña cantidad de dinero en concepto de herencia). En este mismo año lo encontramos usando un micrómetro de hilos de la firma Troughton & Simms al que hizo algunas mejoras al añadirle iluminación.

Tras tomar posesión, en 1885, de su cargo en la parroquia de Wolsingham, alcanzó una estabilidad que se tradujo en los años más fecundos de dedicación astronómica. Por fin puede construirse un observatorio de 6 metros de diámetro en el que alojar un telescopio verdaderamente grande: el reflector gigante de 17,25" (438 mm.). Este observatorio tuvo que ser trasladado, tres años más tarde, a Tow Law cuando en 1888 recibió su destino definitivo en la parroquia de esta localidad. Sin embargo, su aspiración a disponer de un equipo todavía más grande, hizo que en 1914 adquiriera otro aún mayor, un reflector Calver de 24" (609 mm.), cediendo el uso del de 17,25" a Milburn, al que construyó otro observatorio cercano al suyo.

Aunque su observatorio desapareció por completo tras el abandono de Milburn de la localidad de



Telescopio reflector de Calver, 1884. Compárese con el que sirve de portada a este artículo que pertenecía a Espin. En la página siguiente puede verse uno de similares características que se conserva, restaurado, en el Observatorio de Armagh.



Reflector Calver de 17,25" en perfecto estado de conservación del Observatorio de Armagh. Espin tuvo uno idéntico como primer equipo realmente grande. Estuvo en el interior de su observatorio (primero en Wolsingham y, posteriormente, en Tow Law). Compárese con el que aparece en el dibujo de la página anterior. A partir de 1912 fue usado por Milburn. Fuente: <http://www.arm.ac.uk>

Tow Law tras su jubilación en los años 50 del pasado siglo, conservamos alguna fotografía del mismo y gracias a ella nos podemos hacer una idea de sus proporciones y aspecto. Se trata de una construcción de ladrillo con cúpula cilíndrica de madera. A pesar de lo robusto de su construcción, en 1894 fue abatido por una ventisca especialmente virulenta que acaeció el 22 de diciembre. Está situado frente a la vicaría, no demasiado lejos de la iglesia.

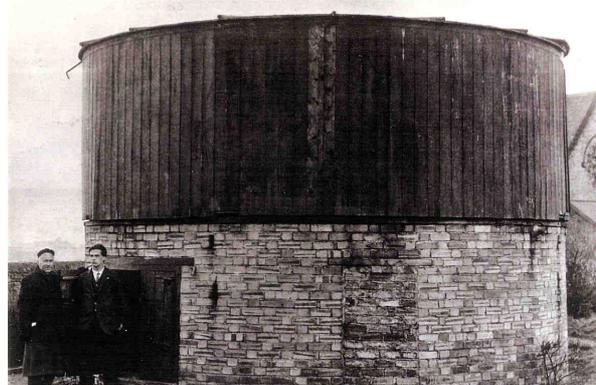
## ESPIN Y LAS DOBLES

El resultado de tan dilatada vida astronómica es difícil de resumir, pero baste decir que con uno de sus espectroscopios, diseñado por él mismo, logró observar espectroscópicamente todas las estrellas de las cartas de Argelander por debajo de la 9ª magnitud, así como catalogar 3800 estrellas rojas. Sin embargo, es su aportación al mundo de las estrellas dobles la que ha merecido la atención de la posteridad, especialmente para nosotros.

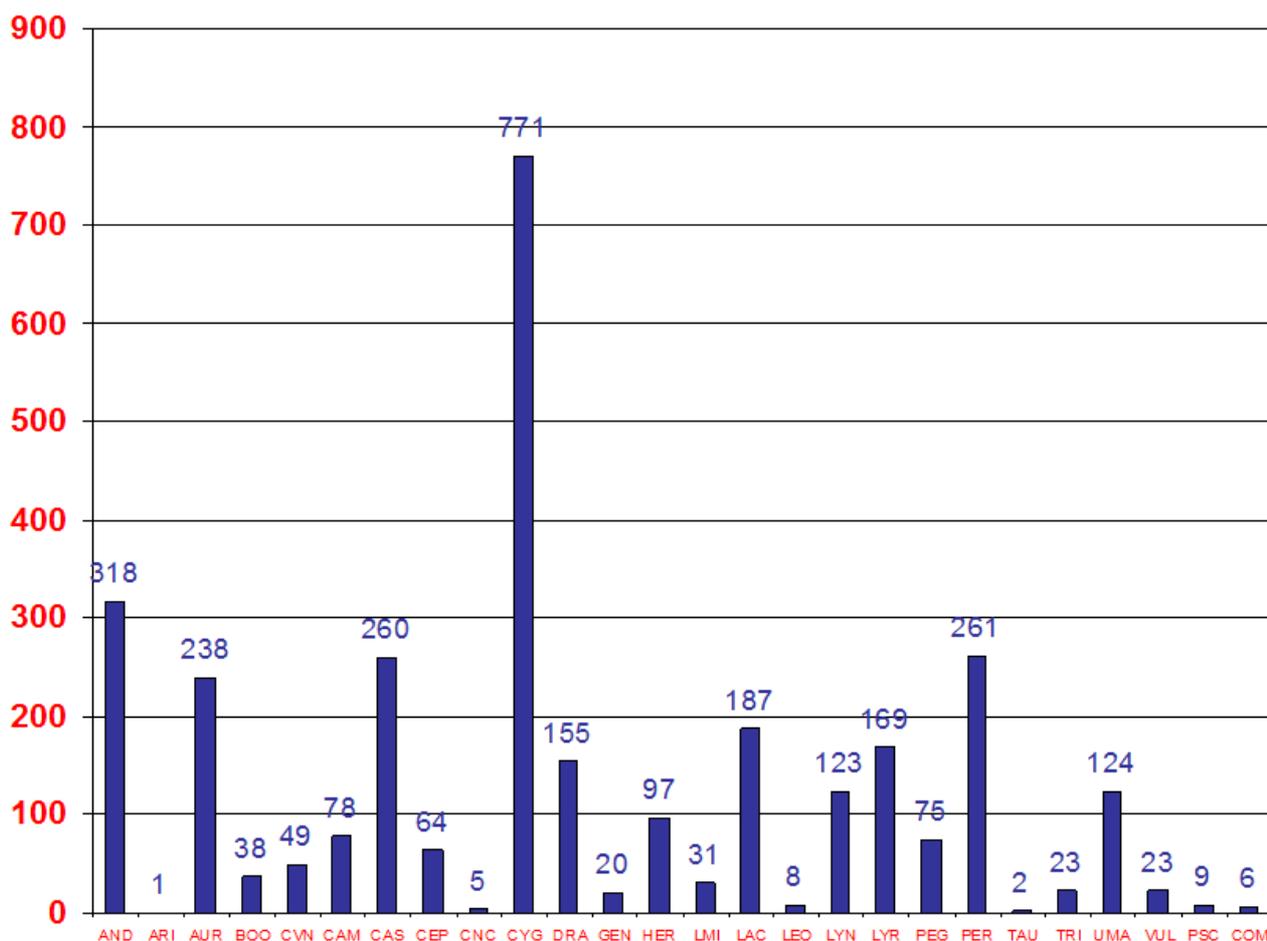
Casi todas las dobles de Espin, a pesar de su variedad, presentan una diferencia de brillo bastante llamativa entre sus componentes, si bien, como anota Comellas, Espin solía exagerar las diferencias reales

entre ambas. Las secundarias son casi siempre más brillantes de lo anotado. Sus posiciones son bastante exactas, prueba de su pericia en el manejo de los círculos graduados.

En sus publicaciones llegó a catalogar 2574 estrellas dobles, a las que hay que añadir otras 912 que añadió Milburn tras su muerte, sumando un total de 3487. En el WDS aparecen 3135 estrellas con su denominación, de las cuales, un total de 444 (el 14,1%) tienen la consideración de abandonadas (neglected), según la relación confeccionada para nosotros por Mr.



Observatorio de 6 m de diámetro de Espin en Tow Law. Aparece junto a Milburn en la puerta de acceso. Actualmente no se conserva nada de él. Al fondo, la iglesia. Cortesía de Mrs. Harris.



Distribución del número de estrellas dobles catalogadas por Espin por constelación. Datos procedentes del WDS.

Brian D. Mason, del USNO.

La distribución de estrellas dobles de Espin por el cielo está bastante concentrada en constelaciones que culminan entre el otoño y el verano, lo cual no es extraño si tenemos en cuenta los crudos inviernos de las costas orientales inglesas en tal latitud. De hecho, siete constelaciones concentran el 74,2% de las dobles catalogadas por él (Lacerta, Lyra, Andromeda, Perseus, Cassiopeia, Auriga y, sobre todo, Cygnus, que tiene un 25% del total).

Habiéndome inspirado por el proyecto personal de observación de estrellas dobles de Stein sugerido

por mi buen amigo y compañero, el astrónomo vallisoletano y co-editor de esta publicación, Edgardo Rubén Masa Martín, me he propuesto observar todas las estrellas dobles abandonadas de Thomas Espin en los próximos meses. A pesar de lo poco propicio de la meteorología de los últimos meses, en cuatro sesiones de observación he podido cubrir ya un 15% del total de las neglected de nuestro astrónomo, esperando culminar la totalidad del catálogo a lo largo de 2011.

Un buen homenaje a un buen astrónomo amateur que supo, gracias a su pasión, llevar una vida plena dedicada a la Astronomía. Desde luego, todo un ejemplo. ☺

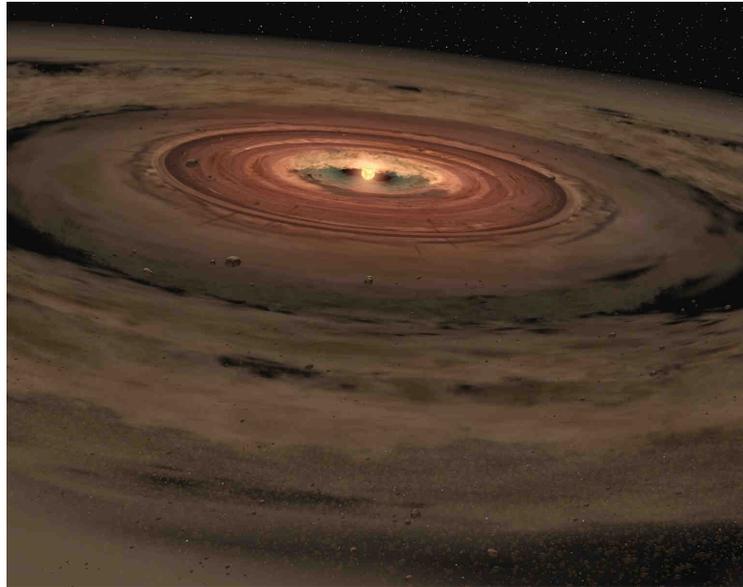
# Un viaje en el tiempo por el Sistema Solar

por  
*Pablo Santos Sanz*

IMAGINEMOS un lugar cualquiera de nuestra galaxia hace unos 4600 millones de años. En un proceso que aún no comprendemos bien el gas y el polvo, generados tras la explosión de una supernova, comienza a girar y a comprimirse. La compresión de este gas y polvo empieza a generar una esfera que poco a poco se va calentando, hasta alcanzar temperaturas y presiones suficientes como para producir reacciones termonucleares. En un período relativamente rápido, de quizá solo unos cientos de millones de años, se originará una proto-estrella que dará lugar en el futuro a la estrella que hoy llamamos Sol.

Es bastante probable que este proceso no se haya producido aislado, sino que el Sol habría nacido rodeado de multitud de estrellas hermanas que intercambiaron y compartieron sus materiales, para luego separarse en una lenta danza cósmica alrededor del centro de la Vía Láctea. De haber estado allí habríamos observado alrededor del Sol recién nacido un disco de gas y polvo conocido como disco “protoplanetario”. Este tipo de discos fríos se han detectado en el infrarrojo en unas cuantas estrellas como Vega o beta Pictoris. El gas y polvo que compone este disco irá poco a poco aglomerándose, formando acúmulos cada vez más grandes que atraerán a otros por gravedad. Este proceso, conocido como “acreción”, dará lugar, lentamente, a la formación de los planetas. Si pudiéramos viajar atrás en el tiempo comprobaríamos que, una vez formados los planetas, aún quedan remanentes de este proceso, desechos sobrantes de la formación planetaria: son los pequeños cuerpos del Sistema Solar.

Creemos que la configuración inicial del Sistema Solar era diferente a la actual, mucho más compacta, con los planetas gigantes gaseosos más cercanos al Sol. Hace unos 3800-4100 millones de años las pertur-

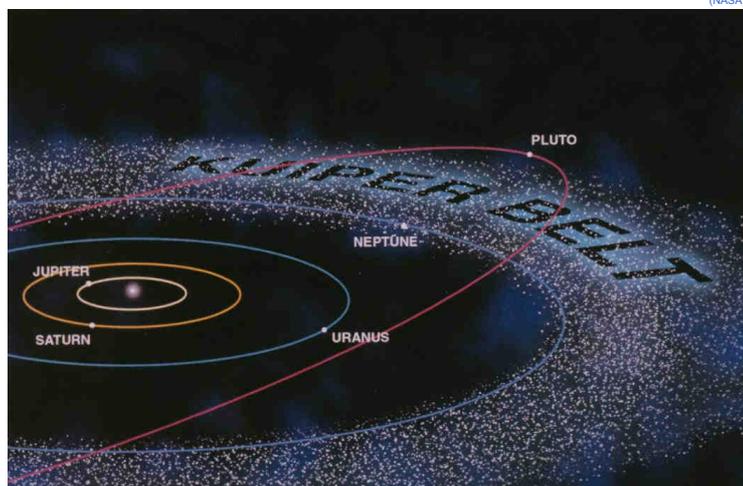


VISIÓN ARTÍSTICA DEL PROCESO DE ACRECIÓN QUE DIO LUGAR A LOS PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR HACE UNOS 4600 MILLONES DE AÑOS. EL SOL ESTÁ AÚN RODEADO DEL DISCO PROTOPLANETARIO DE GAS Y POLVO.

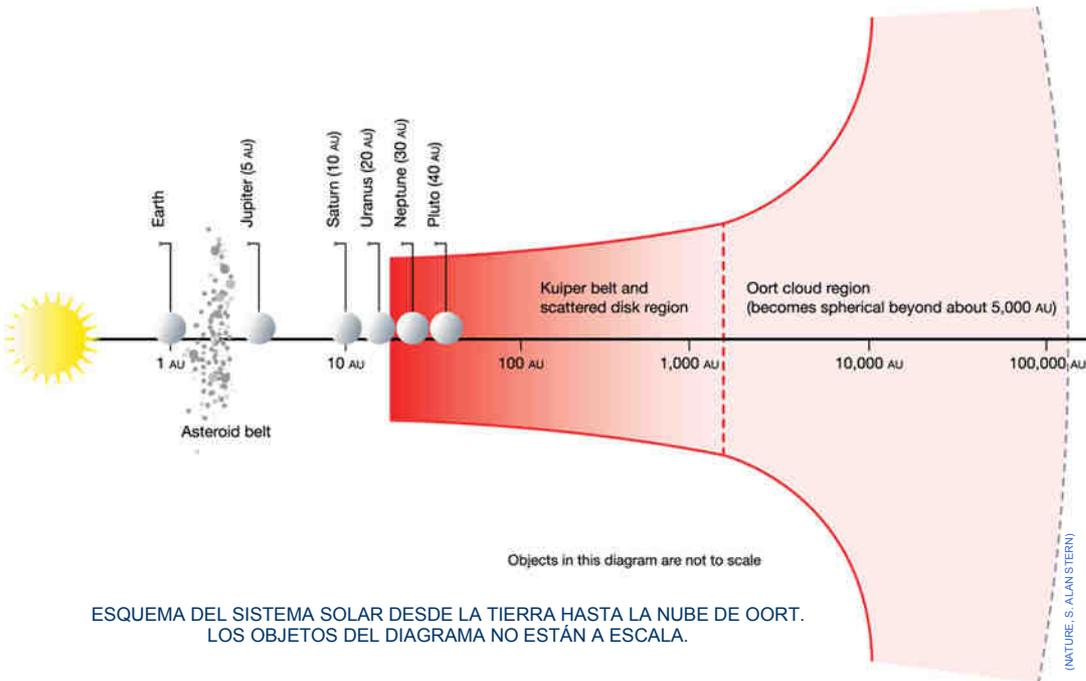
unidades astronómicas de distancia al Sol. Otros fueron eyectados aún más lejos, formando una gran esfera de miles de millones de cuerpos situada a más de 5000 unidades astronómicas del Sol: la nube de “Oort”, que se cree es la fuente de los cometas de período largo.

Los objetos del cinturón de Kuiper se conocen como “objetos transneptunianos”, y su importancia radica en que son fósiles del lejano pasado en el que se gestó nuestro Sistema Solar.

Al encontrarse a distancias tan grandes del Sol (más de 30 unidades astronómicas) poseen temperaturas cercanas a los  $-220^{\circ}\text{C}$ , y han conservado casi inalteradas las propiedades físico-químicas existentes cuando se formaron los planetas. Los objetos más grandes podrían incluso guardar memoria del momento angular original de la nebulosa presolar. Estudiar estos objetos, por ello, nos permite viajar al pasado y hacer “paleontología”,



ESQUEMA DEL SISTEMA SOLAR EXTERIOR CON LAS ÓRBITAS DE JÚPITER, SATURNO, URANO, NEPTUNO Y PLUTÓN, Y LA POSICIÓN DEL CINTURÓN DE KUIPER O TRANSNEPTUNIANO.



ESQUEMA DEL SISTEMA SOLAR DESDE LA TIERRA HASTA LA NUBE DE OORT. LOS OBJETOS DEL DIAGRAMA NO ESTÁN A ESCALA.

zarán con la estimación de albedos y diámetros de 140 de estos cuerpos. Los diámetros pueden ser calculados también con gran precisión usando ocultaciones de estrellas por objetos transneptunianos. Una de estas ocultaciones tuvo lugar en noviembre de 2010, cuando el objeto transneptuniano Eris (considerado hasta entonces más grande que Plutón) “eclipsó” a una estrella de magnitud 16. Los cálculos preliminares parecen demostrar que Eris es un poco más pequeño que Plutón, con lo que este último recuperaría su hegemonía como el mayor de los objetos transneptunianos conocidos. Las ocultaciones de estrellas por objetos transneptunianos son un campo en el que pueden colaborar astrónomos no profesionales aportando importantes resultados.

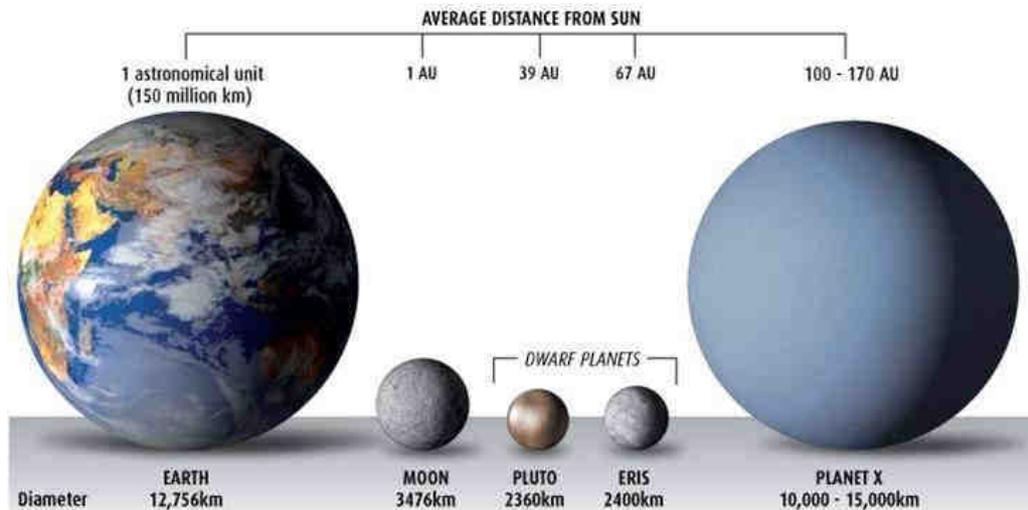
o “arqueología” del Sistema Solar.

El primer objeto transneptuniano, aparte de Plutón (descubierto en 1930 por Clyde Tombaugh), fue detectado en 1992 desde el observatorio de Mauna Kea (Hawai) por los astrónomos David Jewitt y Jane Luu. A partir de entonces se empezaron a descubrir multitud de estos cuerpos, gracias en parte a la utilización de detectores CCD. El gran problema para detectarlos es que son objetos muy lejanos, muy pequeños, muy oscuros, y con movimiento muy lento. A finales de diciembre de 2010 hemos detectado 1164 objetos transneptunianos, siendo Plutón solo uno más. Precisamente por eso, Plutón dejó de ser considerado planeta según resolución de agosto de 2006 de la Unión Astronómica Internacional y actualmente se le considera un planeta enano, junto con el asteroide Ceres y los objetos transneptunianos Eris, Makemake y Haumea. El estudio de estos cuerpos está aportando importantes claves sobre el origen, formación y evolución del Sistema Solar, información que extrapolada nos ayuda también a comprender algo más de los 515 planetas descubiertos hasta hoy alrededor de otras estrellas.

Nuestro conocimiento del origen y evolución del Sistema Solar está avanzando mucho con el estudio de estos objetos, quedan sin embargo muchos enigmas por resolver como: el descubrimiento de objetos inesperados (objetos grandes con altas inclinaciones orbitales, objetos con movimiento retrógrado, etc.), la ausencia de masa en el cinturón transneptuniano según lo esperable de los modelos de formación planetaria, etc. Estos y otros misterios no resueltos podrían apuntar a la existencia de un cuerpo de masa comparable a la de Marte, o incluso mayor, a más de 100 unidades astronómicas del Sol. ©

■ **Pablo Santos**, es doctor en astrofísica por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). Es experto en objetos transneptunianos y cuerpos menores del Sistema Solar. Aunque está adscrito al Departamento de Investigación del Sistema Solar del IAA-CSIC, en estos días se halla destinado en el Observatoire de Paris-Meudon, hasta completar un periodo de dos años.

Sorprende la gran variedad de composiciones superficiales detectadas en los transneptunianos: agua, metano, materia orgánica, etc. Superficies tan diferentes podrían deberse a un origen distinto, combinado con una evolución diferente. La medida del albedo -o fracción de luz solar reflejada por las superficies- es de vital importancia ya que nos permite obtener propiedades físicas de las superficies y derivar los tamaños. El telescopio espacial infrarrojo Herschel de la ESA, lanzado en mayo de 2009, está aportando interesantes resultados que finali-



ESQUEMA MOSTRANDO LOS DIÁMETROS DE LA TIERRA, LA LUNA, Y ALGUNOS DE LOS MAYORES OBJETOS TRANSNEPTUNIANOS, INCLUYENDO EL HIPOTÉTICO PLANETA QUE PODRÍA HALLARSE A MÁS DE 100UA DEL SOL ([HTTP://WWW.WEARESURVIVALMACHINES.COM/TOPICS.PHP?ID=SOLAR%20SYSTEM](http://www.wearesurvivalmachines.com/topics.php?id=solar%20system))