

el observador de estrellas dobles

13 julio
diciembre
2014
AÑO · VI

FRANCISCO RICA,
el referente imprescindible



Nuevos sistemas de movimiento propio común

Carlos Lasgoity



289 nuevas medidas de estrellas dobles desde un observatorio remoto

Marcel Fay

¡La he visto moverse! Observación de Cástor

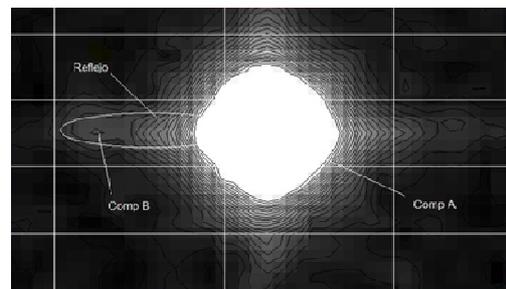
Ramón Palomeque

Medidas de estrellas dobles

Lluís Ribé, Joseph M. Carro...

Un nuevo sistema binario de tipo Sirio

José Antonio Gutiérrez



HOMENAJE
**A José Luis
Comellas
de la
A. A. Albireo**
POR
**Francisco
Soldán**

PROYECTO SEDA-WDS

publicación de los
resultados de las
últimas campañas



NOVEDAD EDITORIAL



FUERA DE FOCO

Emilio J. Alfaro
escribe en OED



(CEDIDA POR EL AUTOR)

índice

ACTUALIDAD

Editorial | 3

Noticias de actualidad | 4

por *Francisco M. Rica y Edgardo R. Masa Martín*

INFORMACIÓN

Guía de Publicación en OED | 10

COLABORACIÓN
ESPECIAL

Homenaje a José Luis Comellas de la Agrupación Astronómica Albireo | 12

por *Francisco Soldán*

SEDA-WDS

Resultados de las últimas campañas del Proyecto SEDA-WDS | 16

por *AA. VV.*

OBSERVACIÓN

Mediciones de 289 estrellas dobles | 19

por *Marcel Fay*

Observaciones de estrellas dobles abandonadas (5ª serie) | 37

por *Lluís Ribé de Pont*

Una observación especial | 44

por *Ramón Palomeque Messía*

Un nuevo sistema binario de tipo Sirio | 50

por *José Antonio Gutiérrez Pérez*

Un nuevo sistema binario mpc en Aquila | 59

por *Lluís Ribé de Pont*

Nuevos sistemas de movimiento propio común | 64

por *Carlos A. Lasgoity*

Estudiando la naturaleza de las estrellas dobles: mecánica celeste | 77

por *Francisco M. Rica Romero*

Medidas astrométricas de estrellas abandonadas. Reporte de mayo de 2014 | 83

por *Joseph M. Carro*

PERFILES

ENTREVISTA A FRANCISCO RICA: EL REFERENTE IMPRESCINDIBLE | 89

por *Edgardo Rubén Masa Martín*

FUERA DE FOCO

¿Cómo se forman los cúmulos estelares? | 100

Firma invitada: *Emilio J. Alfaro*

condiciones de publicación

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

- Se aceptará cualquier tipo de trabajo que tenga relación con las estrellas dobles, independientemente de la temática que aborde.
- Los trabajos deberán remitirse a cualquiera de los editores a través de los correos electrónicos que figuran en la parte inferior de la página siguiente.
- Se remitirán archivos de texto en formato Word o similar. Se agradece que vengán corregidos ortográfica y sintácticamente. No hay que dar formato al texto (sin columnas ni tipografía especial).
- Se deberán adjuntar las imágenes o dibujos que se desean publicar, preferentemente insertados en el texto.
- En la cabecera del artículo deberán figurar los siguientes datos: nombre y apellidos del autor, agrupación o asociación astronómica a la que pertenezca y dirección de correo electrónico.
- Los artículos deberán venir precedidos por un breve resumen del contenido del mismo (4 líneas) en inglés y en castellano.
- OED tendrá una periodicidad semestral. La fecha límite de recepción de trabajos para el próximo número será el 1 de noviembre de 2014.

FRANCISCO RICA, **el referente imprescindible**. Y no es para menos. Todos los aficionados a las estrellas dobles de habla hispana en estos últimos años hemos seguido sus sabios consejos, todos nos hemos atrevido a ir un poco más allá para indagar en la naturaleza de las estrellas dobles gracias a sus versátiles *Excel*. Ha creado escuela y una manera de trabajar que son referentes en la Astronomía del siglo XXI. No podía ser de otro modo que desde **OED** le dedicásemos la sección de *Perfiles*.

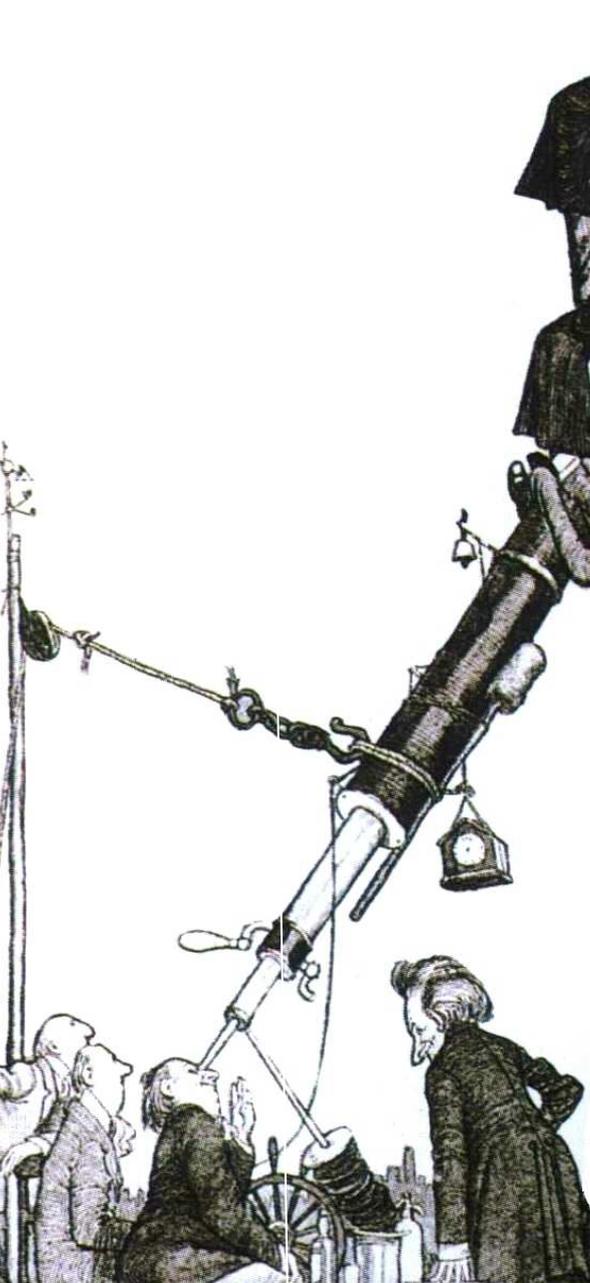
Los responsables del **Proyecto SEDA-WDS** hemos decidido tomarnos unos meses de reflexión en virtud de mejorar y relanzar de nuevo el proyecto en el futuro. A pesar de que son muchas las medidas aportadas en la última campaña que presentamos en este mismo número, el descenso de observadores fue importante meses atrás. Por este motivo creemos que es necesario dedicar un poco de tiempo a enfocar otra vez el proyecto e ilusionar de nuevo a todos. Al fin y al cabo, todas las grandes cosas funcionan por ciclos, unos se extinguen y surgen otros nuevos con aires renovados. Gracias por vuestra comprensión.

Además de todo esto la revista viene cargada de interesantísimos artículos de la mano de **Francisco Rica, Carlos A. Lasgoity, Lluís Ribé, Marcel Fay, Joseph Carro, José Antonio Gutiérrez, Ramón Palomeque y Francisco Soldán**. Como broche final tenemos una sección *Fuera de Foco* de auténtico lujo, ya que contamos con la valiosísima colaboración del astrofísico **Emilio J. Alfaro**. Auténticamente imprescindible.

Aprovechamos también para recomendar la lectura de un libro imprescindible que versa sobre la historia de los observadores de las estrellas dobles y sugerimos el uso de una nueva aplicación online que os hará la vida más fácil a la hora de consultar el WDS y/o de planificar vuestras observaciones.

Esperamos que tengáis un verano repleto de observaciones de estrella dobles y que disfrutéis con la lectura de la revista. Gracias a todos por seguir confiando en nosotros.

LOS EDITORES



Los tres editores de la revista compartiendo gratos momentos en el pasado Congreso Estatal de Astronomía celebrado en Granada.



director honorífico

editores

sitio web

colaboradores

Sr. D. José Luis Comellas García-Llera

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

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

www.elobservadordeestrellasdobles.wordpress.com

Florent Losse, Rafael Caballero, Joseph M. Carro, Francisco Violat Bordonau, Juan Jordano, Francisco M. Rica, Carlos A. Krawczenko, Martine Castets, Bernard Tregon, Ángel M. López, Jesús R. Sánchez, Óscar Lleixà Subirats, Paco Bellido, Ignacio Novalbos, Ángel R. López, Angel Otero, Juan M.ª Díaz, Tomás Vázquez, Miguel Muro, Ángel Gómez Roldán, Javier Armentia, Margarita Granado, Pablo Santos Sanz, Israel Tejera Falcón, Josefina F. Ling, Rainer Antón, Brian D. Mason, David Galadí, Juan Lendínez, Antonio Agudo Azcona, Lluís Ribé de Pont, Germán Bresciano, Giuseppe Micello, J. A. Docobo, Carlos Alberto Lasgoity, T. Tobal, X. Miret, Francisco Soldán Alfaro, David Cejudo, Enrique de Ferrá, Faustino García, Javier M. López Cuñat, Roberto Vasconi, Julio Castellano, W. Hartkopf, Luis Lahuerta, Salvador Lahuerta, José Antonio Caballero, Joerg Schlimmer, Mark Kidger, Gianni Galli, Giapiero Locatelli, Ramón Palomeque, Luis Montoro, Emilio J. Alfaro

con el apoyo de

Cinemática del Trapecio de Orión

Un equipo de astrofísicos mexicanos, entre los que se encuentra el conocido astrónomo Arcadio Poveda, ha presentado el análisis de 44 imágenes tomadas entre 1995 y 2007 con la cámara planetaria número 2 de amplio campo a bordo del Telescopio Hubble para estudiar el trapecio de Orión (TO). Para ello utilizaron una nueva técnica llamada "diffracto-astrometry" para medir las posiciones relativas de seis componentes de tipo espectral A-F del trapecio y completados estos resultados con las medidas de separación y ángulos de posición tomados de la literatura. Esto permitió extender la base temporal del estudio a unos 200 años. Para cada par de las componentes los astrónomos encontraron el índice relativo de la variación de la distancia y ángulo de posición con respecto al tiempo, lo cual permitió determinar las cinemáticas relativas de los sistemas. La componente E muestra una velocidad mayor que la velocidad de escape del trapecio, confirmando así que está escapando al empuje gravitacional del sistema.

►[2013AJ....146..106O, 11/2013]

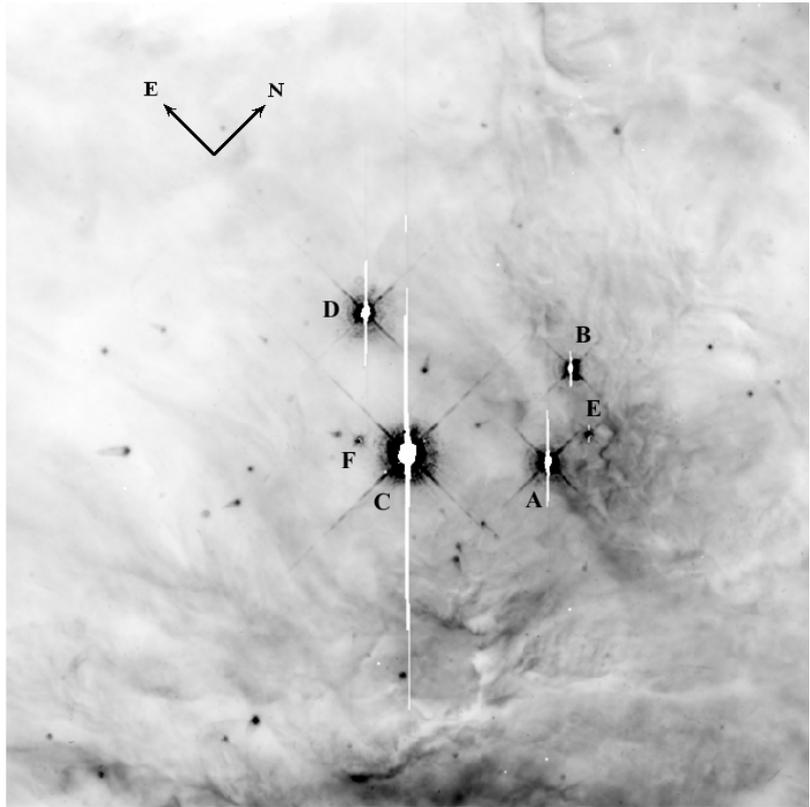


Figura 1. Trapecio de Orión estudiado por un equipo de astrofísicos mexicanos. Crédito: <http://inspirehep.net/record/1256555?ln=es>.

Una compañera subenana T8 de la binaria Wolf 1130

Astrofísicos norteamericanos han descubierto una compañera subenana separada (188,5") de tipo T8 (llamada WISE J200520.38+542433.9) asociada con la binaria sdM1.5 + WD llamada Wolf 1130. La relación física de la enana marrón T8 con la binaria Wolf 1130, ha sido obtenida a través del movimiento propio común sobre observaciones con una línea base de 3 años. Wolf 1130 está situada a unos 51 años-luz del Sol, colocando a la enana marrón a una separación proyectada de unas 3000 unidades astronómicas (ua). Aunque ya se conocen enanas T de baja metalicidad, WISE J200520.38+542433.9 tiene la metalicidad más extrema hasta la fecha ($[Fe/H] = -0,64 \pm 0,17$ basada sobre Wolf 1130). Los modelos indican que esta compañera puede tener una edad vieja y una metalicidad baja.

►[2013ApJ...777...36M, 11/ 2013]

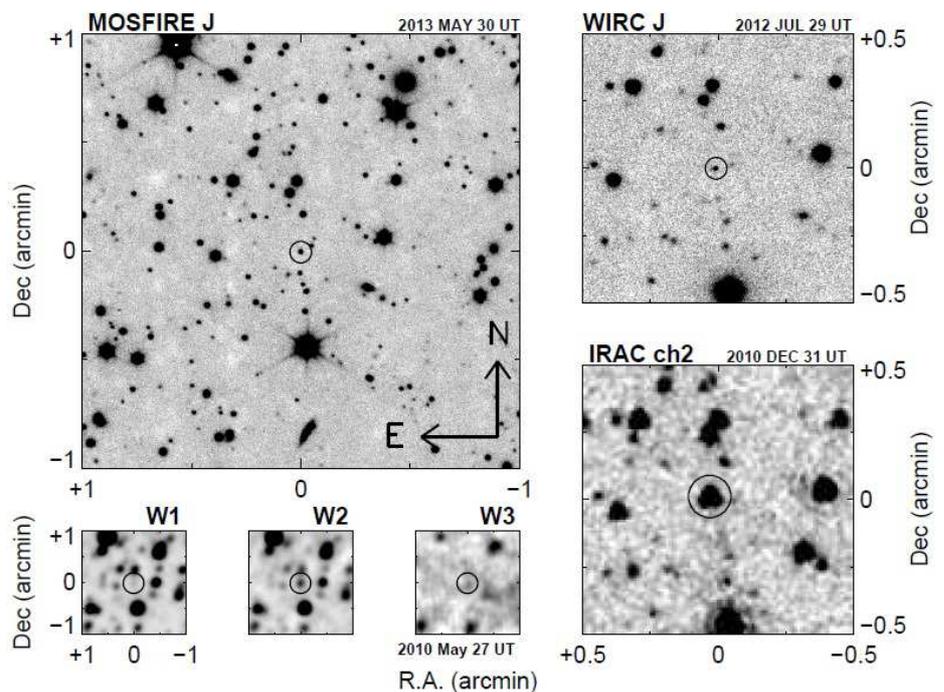


Figura 2. Enana marrón compañera de Wolf 1130 descubierta por el equipo de astrofísicos americanos. Reproducción con permiso del autor principal.

Descubrimiento de un sistema triple visual de enanas Tipo T

Un grupo internacional de astrónomos (americanos, canadienses y británicos) han presentado imágenes de alto contraste de 8 enanas marrones en transición L/T, usando la cámara NIRC2 del telescopio Keck II. Uno de los objetos, la enana T3.5 2MASS J08381155+1511155, fue resuelta en un sistema triple jerárquico con separaciones proyectadas de $2,5 \pm 0,5$ ua y 27 ± 5 ua para las componentes BC y A(BC), respectivamente. La espectroscopía con el instrumento OSIRIS confirmó que todos los miembros son enanas T. **Este sistema constituye el primer sistema triple, jamás reportado, formado por enanas T.** Los tipos espectrales obtenidos son $T3 \pm 1$, $T3 \pm 1$, and $T4,5 \pm 1$ para las componentes A, B, and C. Basado en tendencias empíricas y modelos evolucionarios los astrónomos deducen una masa total del sistema de entre 0,034 y 0,104 masas solares para las componentes BC con edades entre 0,3 y 3 Giga-años. Esto implica un periodo orbital de entre 12 y 21 años asumiendo un semieje mayor similar a su proyección. Para una edad de 3 Giga-años, han estimado una energía de unión gravitatoria de $\sim 20 \times 10^{41}$ erg para el par separado A(BC), el cual está por encima del mínimo empírico encontrado para binarias de enanas marrones típicas. Esto sugiere que el sistema puede haber sido capaz de sobrevivir a la expulsión dinámica durante la formación. Combinando el resultado obtenido con trabajos previos, han encontrado una fracción de binarias de en torno el 13% para estrellas con tipos espectrales entre L9 y T4 para separaciones superiores a 0,1". Esta frecuencia de binarias es similar a la observada fuera de la transición L/T (entre un 9-12%). ▶[2013ApJ...778...36R, noviembre 2013]

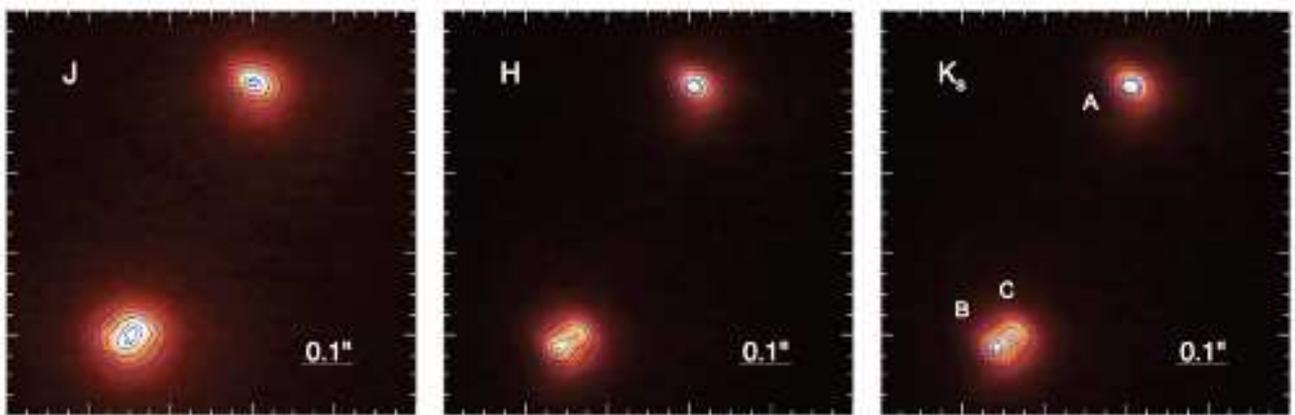


Figura 3. Imágenes del NIRC2 en bandas J, H y K del primer sistema triple compuesto por enanas T, 2MASS J08381155+1511155. Crédito: <http://thedragonstales.blogspot.com.es/2013/11/triple-brown-dwarf-system-found.html>.

Descubrimiento de nuevas compañeras asociadas con estrellas de alto movimiento propio a partir del estudio VVV

La enorme concentración de estrellas en la dirección del interior de la Vía Láctea sugiere que el censo de estrellas situadas a decenas de parsecs en esa dirección, puede no estar completo. Un numeroso grupo internacional de astrónomos (en el que se encuentra el español Eduardo L. Martín (INTA-CSIC)) ha realizado una búsqueda de nuevas compañeras de cercanas estrellas de alto movimiento propio (HPM) situadas en la dirección de las regiones más densas de la Vía Láctea Sur, donde la contaminación de fondo presentó un importante problema en los trabajos previos.

Para ello, el método de movimiento propio común fue usado inspeccionando un área alrededor de 167 estrellas HPM ($\geq 0,2$ arcseg/año) conocidas: 67 situadas en el disco galáctico y 100 en el bulbo. Las imágenes de diferentes épocas fueron obtenidas usando el proyecto 2MASS (Two Micron All Sky Survey) y el proyecto VVV (Vista Viables in Vía Láctea). El proyecto VVV es un nuevo estudio multi-época en bandas ZYJHKS de unos 562 grados cuadrados del bulbo de la Vía Láctea y el interior del disco galáctico sur.

El resultado de este estudio concluyó con el descubrimiento de 7 compañeras de comovimiento alrededor de estrellas HPM conocidas (L 149-77, LHS 2881, L 200-41, LHS 3188, LP 487-4, LHS 5333, and LP 922-16); 6 pares de comovimiento previamente conocidas fueron recuperados (LTT 5140A + LTT 5140 B, L 412-3 + L 412-4, LP 920-25 + LP 920-26, LTT 6990A + LTT 6990 B, M124.22158.2900 + M124.22158.2910, and GJ 2136A + GJ 2136 B); un par de estrellas que se pensaba era de comovimiento resultó tener diferentes movimiento propios (LTT 7318, LTT 7319); el alto movimiento propio publicado para 8 estrellas, no fue confirmado. Además se estimaron los tipos espectrales a partir de espectroscopia infrarroja para 17 estrellas, miembros de pares de comovimiento. Los tipos espectrales oscilaron entre G8V y M5V. ▶[2013A&A...560A..21I, diciembre 2013]

La binaria enana blanca LHS3236

La enana blanca LHS 3236 (WD1639+153) resulta ser una binaria doble-degenerada, con componentes de alta masa. La astrometría del Observatorio Naval de Washington da una paralaje que corresponde con una distancia de $30,86 \pm 0,25$ parsecs y una velocidad tangencial de 98 km/s y revela movimiento orbital. Los parámetros orbitales son calculados a partir de la astrometría del fotocentro durante más de tres órbitas de 4 años de periodo. Imágenes de alta resolución en el Observatorio Keck resuelven el par con separaciones de 0,031 y 0,123 segundos de arco en dos épocas diferentes. La consistencia de todos los datos indican que la binaria es un par de enanas blancas DA con temperaturas cercanas a los 8000 y 7400 K y con masas de 0,93 y 0,91 masas solares; otra posibilidad es que estemos ante una binaria DA+DC con temperaturas de 8800 y 600 K, con masas de 0,98 y 0,69 masas solares. En cualquier caso la edad de enfriamiento de estas enanas blancas es de 3 Giga-años y la edad total es menor a 4 Giga-años.

►[2013ApJ...779...21H, diciembre 2013]

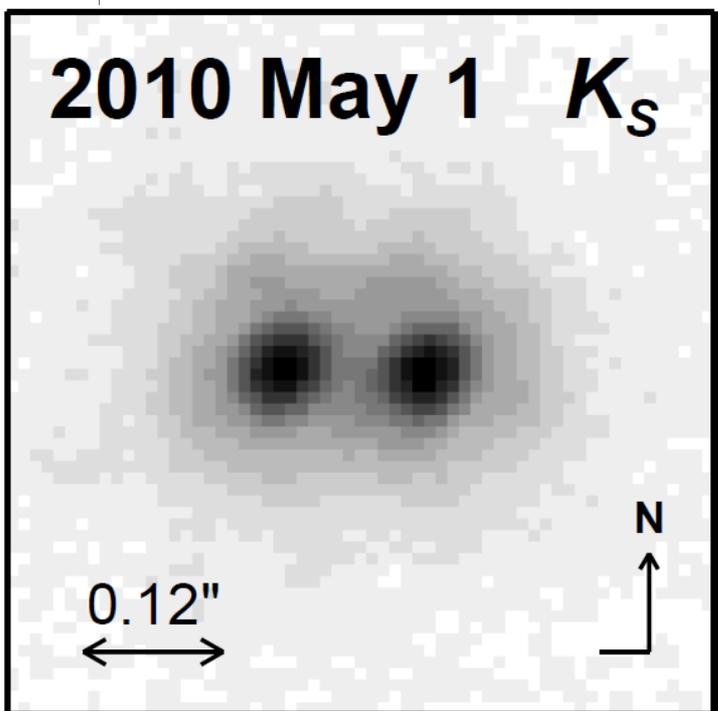


Figura 4. La binaria de enanas blancas LHS 3236. Una de las cuatro imágenes del telescopio Keck, en banda Ks obtenida en 2010. Reproducido con permiso del autor principal de la investigación.

Descubrimiento de una cercana binaria inusual compuesta por una enana roja y una enana blanca

Un grupo de astrofísicos norteamericanos ha informado del descubrimiento de una cercana M5,0V a unos 24,6 parsecs, llamada SCR 1848–6855, que es orbitada por una inusual compañera causando una perturbación astrométrica de más de 200 milisegundos. Ésta es de lejos, la mayor perturbación encontrada por estos astrónomos hasta la fecha, de entre los más de 700 objetivos observados durante el programa astrométrico/fotométrico de largo plazo que utiliza el telescopio CTIO de 0,9 metros. Los astrónomos presentaron un conjunto de observaciones astrométricas, fotométricas y espectroscópicas de este sistema de alto movimiento propio ($\sim 1,3$ arcseg/año) como un esfuerzo de revelar la naturaleza de esta binaria inusual. Los flujos de las bandas fotométricas U y ultravioleta cercano, exceden de los flujos esperados para enanas M5V, y para el rango espectral 4000-7000 Å también se detectan excesos en flujo. La compañera elusiva ha sido detectada en imágenes del telescopio espacial Hubble en longitudes de onda azules (1820 Å y 2700 Å) y el análisis de estos astrónomos muestra que la compañera es probablemente una rara y fría enana blanca con una temperatura de 4600-5500 K.

►[2014AJ....147...21J, enero 2014]

Órbitas de cuatro binarias visuales determinadas a partir de observaciones de arco corto

Los conocidos astrónomos rusos L. G. Romanenko y el recientemente difunto A. A. Kisselev presentaron las órbitas de cuatro binarias visuales: ADS 246 (GL 15), ADS 7724 (y Leo), ADS 10386 (GJ 659), and ADS 14909 (1 Peg). Estos cálculos han sido realizados utilizando su conocido método de parámetros de movimiento aparente (apparent motion parameters (AMP)). Los periodos para estas estrellas son 1200, 550, 7500 y 18000 años, respectivamente. Las órbitas se calcularon en base a observaciones de arco corto obtenidas con el histórico refractor de 26 pulgadas (0,66 metros) del Observatorio de Pulkovo y paralaje del Hipparcos, junto con medidas de velocidad radial, procedente de la literatura, para las componentes de estos pares. Se tuvieron en cuenta todas las observaciones históricas posteriores a 1830, tanto visuales como fotográficas. Las nuevas órbitas de ADS 246 y ADS 7724 se compararon con las órbitas calculadas en otros estudios. Para las binarias ADS 10386 y ADS 14909, es la primera solución orbital calculada.

►[2014ARep...58...30R, enero 2014]

Nuevas compañeras visuales de estrellas de tipo solar a menos de 25 parsecs

Un grupo internacional de astrónomos ha presentado el descubrimiento de nuevas débiles compañeras de movimiento propio común de estrellas cercanas y de tipo solar, situadas en el hemisferio sur (HD 43162, HD 67199, HD 114837, HD 114853, HD 129502, HD 165185, HD 197214 y HD 212330). Para ello usaron astrometrías e imágenes en el infrarrojo cercano. También confirmaron la existencia de una tercera componente alrededor de HD 165401 y HD 188088. Un caso de particular interés es la estrella HD 43162, una estrella variable BY Dra y de tipo espectral G6,5V, la cual tiene dos distantes compañeras de movimiento propio común a distancias de 410 y 2740 unidades astronómicas. El limitado estudio de estos astrónomos muestra que el inventario de compañeras de movimiento propio común alrededor de estrellas brillantes y cercanas, aún no está completo. ▶[2014MNRAS.437..879C, enero 2014]

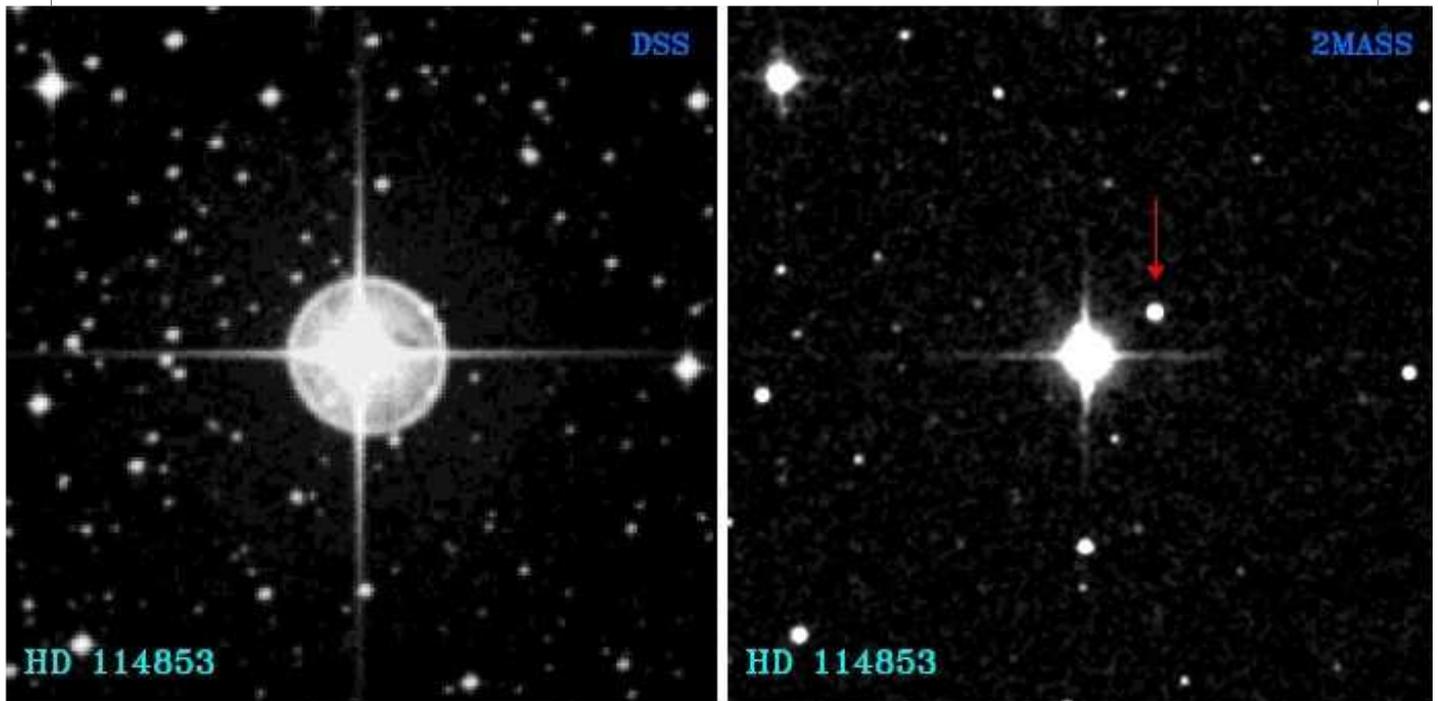


Figura 5. Imágenes DSS y 2MASS Ks images de HD114853 ($V = 6,9$ mag). La nueva compañera física está marcada con una flecha. (Crédito: DSS y 2MASS).

Estrellas binarias muy separadas como fuente principal de colisiones estelares en la galaxia

Los astrónomos han presentado simulaciones numéricas modelando la evolución orbital de binarias muy separadas, pares de estrellas separadas por más de 1000 ua. Debido a perturbaciones de otras estrellas de paso y a las mareas de la Vía Láctea, las órbitas de binarias muy separadas ocasionalmente llevan a ser extremadamente excéntricas lo que fuerza a encuentros cercanos entre las estrellas componentes. Este estudio ha mostrado que estos procesos causan en nuestra galaxia una colisión estelar entre las componentes de binarias muy separadas una vez cada 1000-7500 años por término medio. Una de las principales incógnitas en este índice de colisión es la cantidad de energía disipada por las mareas dinámicas durante pasos cercanos (sin colisión) en el periastro. Esta disipación presenta una barrera dinámica para las colisiones estelares y en su lugar puede transformar una binaria muy separada en una binaria de contacto o cerrada. Sin embargo, para cualquier modelo de disipación mareal plausible, las estrellas binarias muy separadas son una fuente de colisiones estelares en nuestra galaxia, potencialmente dominante. Tales colisiones deberían ocurrir por el disco fino de la Vía Láctea.

▶[2014ApJ...782...60K, 2/2014]

Nuevas compañeras estelares separadas de estrellas con exoplanetas

Un equipo de astrónomos ha presentado 7 nuevas compañeras muy separadas con movimiento propio común al de estrellas con exoplanetas. Su carácter de compañera física pudo ser también confirmado por medio de la fotometría, y en dos casos también por espectroscopía. Los astrónomos derivaron las masas y separaciones proyectadas de todas las compañeras detectadas, entre ellas HD 107148 B, una compañera enana blanca muy separada. El actual índice de multiplicidad entre las estrellas con exoplanetas es del 13 % aproximadamente. ▶[2014MNRAS.439.1063M, 3/2014]

Desde estrellas binarias a múltiples.

II. Multiplicidad jerárquica de estrellas de tipo F A G

El conocido A. Tokovinin ha estudiado la estadística de multiplicidad jerárquica entre las estrellas enanas de tipo solar usando una muestra, limitada por distancia, de 4847 objetos. La fracción de jerarquía con tres o más componentes es del 13 % y la fracciones de objetos con $n = 1, 2, 3, \dots$ componentes es del 54%, 33%, 8%, 4%, 1%. Los subsistemas en las componentes secundarias son casi tan frecuentes como en las primarias, pero en la mitad de estos casos ambos subsistemas están presentes. La alta frecuencia de estos sistemas jerárquicos de 2 + 2 componentes (4%) sugiere que ambos pares internos se formaron por un proceso común. ▶[2014AJ....147...87T, 4/2014].

Caracterización de la binaria NLTT33370

Un numeroso grupo de astrónomos ha confirmado la naturaleza binaria de la cercana estrella de muy baja masa NLTT 33370. Para ello han utilizado imágenes de óptica adaptativa y fotometría resuelta en el infrarrojo cercano y espectroscopía integrada en el óptico e infrarrojo cercano para caracterizar el sistema. Las imágenes analizadas muestran un movimiento orbital significativo entre febrero de 2013 y abril de 2013. Espectros ópticos indican que el sistema es más joven que la edad de las estrellas de campo. Los espectros infrarrojos también son consistentes con jóvenes enanas de muy baja masa. Finalmente concluyeron que esta nueva binaria tiene una edad de ~30-200 millones de años con temperaturas en torno a los 3200 y 3100 grados para las componentes A y B y un tipo espectral entre M6 y M8. El espectro obtenido con la herramienta Phenix del observatorio KPNO, ha permitido estimar la velocidad radial sistémica de la binaria, lo que posibilitó comprobar que la cinemática galáctica es ampliamente consistente con estrellas jóvenes de la vecindad solar. Las características de estas estrellas las hace un objeto ideal para determinar de forma rápida sus parámetros orbitales y es una de las mejores piedras angulares entre estrellas jóvenes de muy baja masa.

►[Joshua E. Schlieder *et al.* 2014 *ApJ* **783** 27]
<http://iopscience.iop.org/0004-637X/783/1/27>

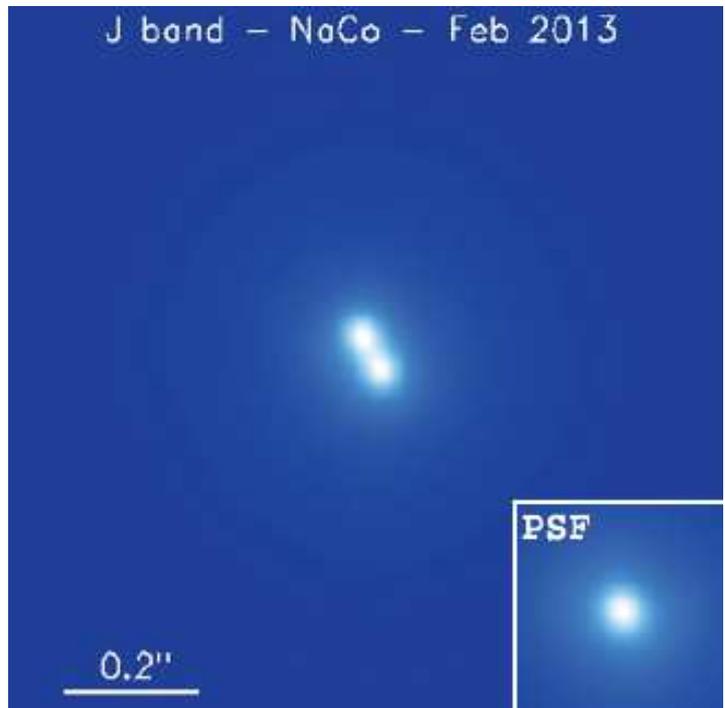
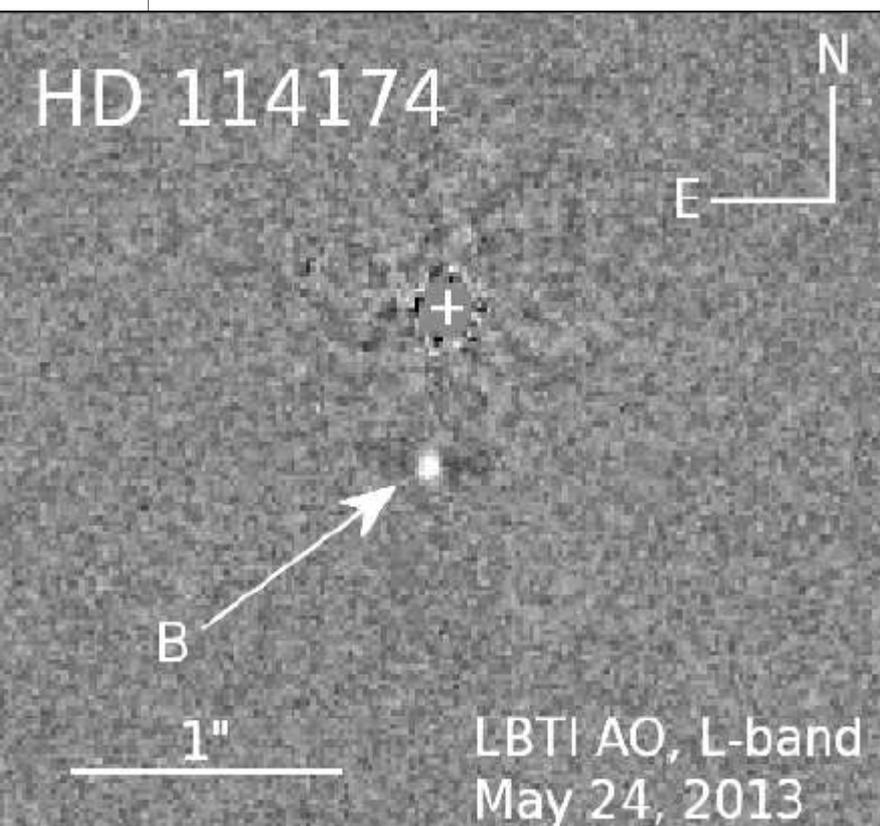


Figura 6. La binaria NLTT 33370 descubierta por un numeroso grupo de astrónomos. Imagen del telescopio VLT tomada con el instrumento NaCo (imagen reproducida con permiso de ApJ).

HD114174B: discrepancia en la edad de un sistema binario tipo Sirio



Un grupo de astrónomos de USA e Italia ha presentado observaciones de una débil compañera "tipo Sirio" que orbita HD 114174. Intentos anteriores por observar esta débil compañera usando la cámara infrarroja NIRC2 en el telescopio Keck no la detectaron. Estos astrónomos obtuvieron imágenes infrarrojas (banda L') usando el Gran Telescopio Binocular y la cámara infrarroja L/M donde recuperaron a la débil compañera a unos 0,68" y con 10 magnitudes más débil que su brillante compañera (en banda L'), lo que supone todo un logro. Los colores infrarrojos indican que la componente B es una enana blanca fría y los modelos de ajuste indican que posee una temperatura de unos 4260 K, una masa de 0,54 masas solares y una edad de enfriamiento de unos 7,8 Giga-años. Los astrónomos encontraron que las edades de enfriamiento dadas por los modelos atmosféricos teóricos no están de acuerdo con la edad de la estrella principal (HD 114174 A), la cual fue derivada tanto por análisis mediante isócronas como por técnicas girocronológicas. Se especula con ciertos escenarios que expliquen esta aparente discrepancia entre la edad de la primaria y la secundaria. Podemos considerar a la enana blanca como una piedra angular que permitirá estimar la masa dinámica mediante un seguimiento doppler y astrométrico. Los esfuerzos por caracterizar las propiedades físicas en detalle, probarán los modelos atmosféricos teóricos y mejorará nuestro entendimiento de la evolución de las enanas blancas.

►[2014ApJ...783L..25M, 3/2014]

Figura 7. Imagen de la binaria de tipo Sirio, HD 114174, estudiada por un grupo de astrofísicos de USA e Italia. Imagen reproducida con permiso del autor principal de la investigación.



Se halla disponible una nueva herramienta online de uso gratuito para realizar consultas al catálogo WDS. Está ofertada en la web de la Comisión de Estrellas Dobles de la Sociedad Astronómica de Francia (SAF). La aplicación, programada y mantenida por David Chiron, es ideal para definir sesiones de ob-

servación y permite filtrar las búsquedas en WDS en función números criterios de selección. El interface de WDSTOOL puede trabajar tanto en francés como en inglés. Un trabajo muy interesante y útil que sin duda será muy celebrado por la comunidad de doblistas.

Puede accederse a esta herramienta a través de: http://tetesenlair.net/wds_index.php

►[E.R.M.M.]



NOVEDAD EDITORIAL



Josefina F. Ling profesora de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) e investigadora del Observatorio Astronómico Ramón María Aller de dicha institución, acaba de publicar la traducción al castellano del libro de Paul Couteau, "*Esos astrónomos locos por el cielo, o la historia de la observación de las estrellas dobles*", editado por el Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico de la USC.

Esos locos por el cielo son personas que han consagrado su vida, y a menudo su fortuna, a la investigación y al estudio de las estrellas dobles; unos enigmáticos sistemas estelares que se dedican a jugar al escondite mientras danzan un vals misterioso.

Desde Sir William Herschel, el organista y genial astrónomo, que propuso en los albores del siglo XIX la distribución del Universo en galaxias, pasando por el pastor anglicano que descubrió verdaderas joyas celestes, hasta los actuales equipos internacionales de investigación dotados de los mayores telescopios; todos, han buscado con la misma pasión y más allá del mero espectáculo que constituye la eternidad de estos pares celestes, la Piedra Filosofal, el secreto de la alquimia estelar y los medios para derribar el muro que aprisiona nuestro conocimiento.

El autor es uno de ellos y nadie mejor que él para sumergirnos en la aventura de conocer estos objetos estelares, tanto desde el punto de vista científico como histórico. Pues, se trata de una de las máximas autoridades en esta materia. Descubridor de más de 2700 estrellas binarias, fue director del Centro Europeo de Estrellas Dobles (Observatorio de Niza) durante más de 40 años, presidente de la Comisión 26 de la Unión Astronómica Internacional y autor de numerosos libros de astronomía.

A pesar de los 25 años transcurridos desde la edición original francesa, esta obra no ha perdido su vigencia, ya que la historia nunca muere y la atracción que todavía suscita, ha sido entre otras una de las razones para ofrecer a los lectores de habla hispana su transcripción. En esta versión, y a sugerencia de P. Couteau, se ha incluido un último capítulo de actualización escrito por Josefina F. Ling.

La obra se puede adquirir a través de la siguiente dirección electrónica:
<http://www.usc.es/libros/index.php/spic/catalog/book/639>

►[E.R.M.M.]



EL OBSERVADOR DE ESTRELLAS DOBLES

GUÍA PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

NOTA INFORMATIVA

El Observador de Estrellas Dobles (OED) publica artículos sobre cualquier aspecto relacionado con las estrellas dobles. De especial interés son para OED las observaciones realizadas por astrónomos no profesionales. Sin embargo, también serán bienvenidos aquellos otros artículos de divulgación más general (descripción de estrellas dobles, metodología y técnicas de observación, instrumentación, eventos relacionados con las estrellas dobles (congresos, *star parties*), o cualquier otra particularidad que involucre directamente a las estrellas dobles.

Los manuscritos enviados deberán ser originales, **no publicados con anterioridad** y escritos en castellano. Preferiblemente, en formato Microsoft Word y fuente Times New Roman de 12 puntos. El texto se remitirá **SIN FORMATO**, sin columnas ni tipografías especiales.

En la **cabecera** de cada artículo deberán figurar los siguientes datos:

- ▶ Título.
- ▶ Nombre(s) del (de los) autor(es).
- ▶ Filiación de autores (pertenencia a asociaciones astronómicas, observatorio, código MPC, etc.).
- ▶ Dirección de correo electrónico.
- ▶ Resumen/Abstract: breve resumen del contenido del artículo en castellano y en inglés.

Todas las **figuras** que acompañen al texto (preferible el formato jpeg) deberán ser de buena calidad y deberán estar numeradas correlativamente, además de contener un pie de imagen explicativo sobre lo que se muestra, de tal manera que el lector pueda comprender su significado sin hacer referencia al texto.

Las **tablas** de datos estarán numeradas y llevarán el título que corresponda. Para hacer referencia dentro del texto a las figuras y las tablas se utilizará el número de índice de las mismas (ejemplo: ver figura 6, en la tabla 3, etc.). Las palabras “figura” y “tabla” se escribirán en minúsculas.

Los **listados de medidas** de estrellas dobles deberán enviarse en formato tabla con fuente Courier New y contendrán los siguientes campos:

- ▶ Identificador WDS.
- ▶ Descubridor.
- ▶ Magnitudes.
- ▶ Época de observación: año decimal besseliano.
- ▶ Angulo de posición.
- ▶ Separación angular.
- ▶ Delta-m (si es el caso).
- ▶ Número de imágenes medidas (en caso de medición CCD).
- ▶ Número de noches de observación.
- ▶ Notas.

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

Ejemplo de tabla de datos:

Tabla 1. Medidas de los pares observados.

El **separador decimal** para todos los datos numéricos será la “coma”.

Asimismo, se indicará en el texto (generalmente en la introducción o en un apartado específico) el método usado para la medición (micrómetro, ocular micrométrico, CCD, interferometría speckle, etc.), abertura del telescopio usado y todos aquellos datos técnicos que sean relevantes (focal, uso de barlow, escala de placa, software de reducción, etc.).

(Continúa en la página siguiente)

Cuando dentro del texto se haga referencia a trabajos previos de otros autores, las **citas** deberán darse en este formato: (Martín, 2009); donde Martín es el primer apellido del autor y 2009 el año de publicación del artículo en cuestión. En caso de que los autores de un artículo citado sean tres o más, el formato será el siguiente: (Martín et al., 2009). Al final del texto deberá incluirse la correspondiente lista de referencias (ordenadas alfabéticamente) a las que se ha hecho alusión en las citaciones, usándose este formato:

Masa, E. R., 2009, *CCD Double-Star Measurements at Observatorio Astronómico Camino de Palomares (OACP) First Series*, Journal of Double Star Observations (JDSO), Vol. 5, N° 1, 18-42

donde "18-42" son las páginas de inicio y fin del artículo referenciado y "2009" el año de publicación. El título de la obra a que se hace referencia deberá escribirse en *cursiva* e irá seguido del nombre de la revista o publicación editora. Se tendrá especial cuidado en que cada citación en el texto tenga su correspondiente referencia.

En el caso de citaciones a libros se usará este formato:

The binary stars, Robert Grant Aitken, McGraw-Hill Book Company, inc., New York and London, 1935

Los manuscritos podrán enviarse a los editores vía correo-e a las direcciones que siguen:

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

Cualquier **duda, consulta o aclaración** será atendida gustosamente por el equipo editor a través del mismo medio.

Rogamos respetar la **fecha límite de entrega** de los originales que es, como norma general, dos meses antes de la publicación del número correspondiente (1 de mayo para el ejemplar del primer semestre y 1 de noviembre para el del segundo).

Agradecemos vuestra colaboración.

Los editores de OED

● PARÉNTESIS EN LAS CAMPAÑAS DEL PROYECTO SEDA-WDS

En el presente número de OED se publican los resultados de las campañas en curso del Proyecto SEDA-WDS. Con ello hacemos un paréntesis necesario en el Proyecto. Desde el segundo semestre de 2010, cuando iniciamos esta apasionante aventura con aquellas observaciones en *Lacerta*, el número de observadores ha ido decreciendo año tras año. Creemos que ha llegado el momento de tener unos meses de reflexión para modificar y relanzar el proyecto si vemos que realmente merece la pena seguir con él. Cualquier sugerencia o comentario será bienvenido. Agradecemos enormemente el interés mostrado por muchos de vosotros desde el comienzo de esta experiencia y, especialmente, a todos aquellos que han colaborado activamente mediante el envío de sus reportes de observación. Durante estos años hemos logrado remitir más de 600 medidas de estrellas dobles abandonadas al WDS y, además, algunos observadores han iniciado su labor como doblistas gracias a este Proyecto. Nos damos, por tanto, satisfechos con los logros conseguidos. **Muchas gracias por vuestra colaboración.**



HOMENAJE A UN MAESTRO

Francisco C. Soldán Alfaro
Presidente de la A. A. Albireo

Hay ocasiones en que los acontecimientos parecen confabularse para que una determinada jornada de nuestras vidas sea poco menos que perfecta.



AL MODO DE UNA RECETA DE ALTA COCINA, los ingredientes, el tiempo, la pasión y la dedicación son elementos fundamentales que bien mezclados y ponderados dan la receta perfecta. Ese momento sublime en el que sabemos que todo ha salido perfecto, y el regusto nos acompaña por un buen tiempo.

En nuestra agrupación, la Agrupación Astronómica Albireo, de la cual tengo el inmenso honor de ser Presidente, y de contar con la colaboración de todo un grupo de entusiastas colaboradores, planteamos el realizar un homenaje a nuestro querido Profesor José Luis Comellas, mentor, divulgador y motor apasionado en nuestra Agrupación durante tantos años desde su fundación, por la edición del Nuevo Catálogo Comellas de Estrellas Dobles Visuales del que ya se adelantó en el anterior número de esta queridísima revista su edición en la web, revisión del anterior catálogo que ha llevado varios años, y cuyas peripecias ya fueron descritas deliciosamente en el anterior número de esta revista. Era por tanto el momento de celebrar un homenaje más particular, más entrañable en Sevilla, en el seno de su propia Agrupación, y en un entorno envidiable como es el Parque Urbano del Alamillo.

Así que me puse en contacto con José Luis y éste aceptó encantado el ofrecimiento. De esta manera, ilusionados, preparamos una pequeña charla sobre nuestras queridísimas estrellas dobles, y, acto seguido, realizaríamos una plantada de telescopios para acceso del público general –aficionados o no– en un recorrido por el cielo estival y las más hermosas –y asequibles– estrellas dobles.

El día elegido fue el día 20 de junio, y, como

buen presagio, amaneció totalmente despejado y con una temperatura realmente envidiable para las canículas acostumbradas por el Valle del Guadalquivir en estas fechas. Todos sonreímos: los dioses meteorológicos parecían haberse alineado con el evento.

Llegado el momento, en la sala habilitada para tal ocasión en el Cortijo del Alamillo, José Luis nos ofreció una disertación sobre por qué estudiar los sistemas dobles, y en qué consistían; pero como todo buen plato, que debe estar bien aderezado y con una pizca de especia, nos ofreció jugosas anécdotas sobre sus experiencias observacionales y su devenir vital entre su profesión y su devoción. Relatos que hicieron las delicias del público asistente y que encendió la llama de la curiosidad doblista en más de uno.





Al terminar su conferencia, todos pudimos asistir al momento emotivo de la lectura por mi parte del comunicado dirigido a José Luis en nombre de mis queridos compañeros y mentores, Rafael Benavides, Francisco Rica, Edgar Masa y Juan-Luis González, que por diferentes razones no pudieron estar presentes, y que emocionó tanto a la audiencia como al propio destinatario del mismo (ver página XX). Tras su lectura, y una amplia ovación, le fue entregado un pequeño obsequio a José Luis que para alegría de los presentes, le hizo bastante ilusión: un pequeño catalejo imbuido en una nacarada caja de madera.

Y, tras este menú apetitoso, cocinado y preparado con ilusión y afecto, no podía faltar el postre. Así que nuestra Agrupación organizó, con la anuencia y

todas las facilidades del mundo de la dirección del Parque del Alamillo, una plantada de telescopios delante del Cortijo del Alamillo, acompañados por el sonido de un festival flamenco, el apagado de las luces de la zona y una noche estival con temperaturas idóneas: el numeroso grupo de personas concurrido pudo observar un tour donde calentamos motores observando Júpiter despidiéndose en el ocaso, Marte poderoso en el Meridiano y los fascinantes anillos de Saturno tras los oculares de todos los equipos de los colaboradores que desinteresadamente transportaron sus equipos para todo aquél que pudiera estar interesado disfrutara de la visión. Tras este pequeño tour para abrir boca del sabroso postre, iniciamos nuestro recorrido por el objetivo final: Mizar y Alcor, Albireo, Algieba, Porrima, Izar y Ras Algethi.

Una auténtica delicia escuchar los comentarios de los niños y adultos al observar los delicados contrastes entre los sistemas, o las exclamaciones de asombro al poder distinguir los componentes de la aparente solitaria estrella. La realización y entrega de un cuadernillo donde anotar las observaciones, realizado por nuestra Agrupación (y debo decirlo, con la inestimable ayuda de Cándido) se llenaba de anotaciones y dibujos, y pude comprobar con auténtica satisfacción cómo la semilla plantada por José Luis en su charla, posteriormente regada y mimada por la observación esa maravillosa noche, germinó en más de un compañero y aficionado, para estar, definitivamente enamorado, de nuestras delicadas y amadas dobles.



No quisiera pasar por alto los agradecimientos debidos a las personas que han hecho posible este evento: a Adolfo Fernández Palomares, director del Parque del Alamillo, dependiente de la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, que nos facilitó las instalaciones y todos los permisos posibles para desarrollar nuestra actividad.

A Antonio Galán Pedrola, de la Oficina de Gestión del Parque, que lo organizó todo perfectamente, y que demostró paciencia y cariño ante mis continuos requerimientos.

A Eduardo, de Seguridad del Parque, que estuvo atento en la Jornada para que no nos faltara nada, y además, el apagado de las luces sin el cual la observación hubiera sido fallida.

A Rafael Benavides, Francisco Rica, Edgar Masa y Juan-Luis González, compañeros, amigos y mentores en este maravilloso mundo doblista, por su hermoso comunicado y palabras de aliento.

A mis compañeros de la Agrupación Astronómica Albireo, sin cuyo trabajo este evento habría sido muy difícil de celebrar, especialmente a Cándido, José Manuel, Jesús, María José y Paco Escalona. A todos los demás miembros de la Agrupación, con su presencia y cariño, y mi anterior predecesora, Belén, por su apoyo y buen hacer.

A los demás compañeros de las demás Asociaciones, que estuvieron desinteresadamente ofreciendo sus equipos. No pongo nombres por temor a dejarme imperdonablemente olvidado alguno. Gracias de corazón y de parte de mis compañeros de Agrupación. Fue una noche inolvidable.

Y, por supuesto, en último lugar pero no menos importante, a D. José Luis Comellas, por su disposición siempre a colaborar, por compartir su sabiduría y experiencia. Y a su mujer María Jesús, que tenga una pronta recuperación del accidente doméstico que le imposibilitó asistir. ☹



HOMENAJE A UN MAESTRO

Ante la imposibilidad de asistir físicamente a este merecido homenaje a Don José Luis Comellas, promovido y organizado por la Agrupación Astronómica Albireo, presentamos esta comunicación para su lectura durante el mencionado acto, celebrado en el Cortijo del Parque del Alamillo, hoy día 20 de junio de 2014, a sugerencia de su actual Presidente, nuestro colega y amigo, Francisco Soldán.

Rafael Benavides Palencia · Francisco M. Rica Romero · Edgardo R. Masa Martín · Juan-Luis González Carballo

A golpe de tecla

DURANTE EL PASADO CONGRESO ESTATAL DE ASTRONOMÍA celebrado en Granada impartimos una ponencia para presentar -de manera oficial- el *Nuevo Catálogo Comellas de Estrellas Dobles Visuales*. El acto resultó tremendamente emocionante debido a la presencia en primera fila del profesor Comellas, acompañado de su esposa y amigos. Esta carga emocional se dejó notar a veces en ciertos requiebros de la voz durante la disertación, a la vez que fuimos presa, igualmente, de algún que otro nudo en la garganta. Más allá del trabajo presentado y de su repercusión, nos quedamos con la conexión que se estableció entre los asistentes aquel sábado por la mañana del 3 de mayo. La felicidad de José Luis Comellas y sus palabras de agradecimiento en la celebración del XXV aniversario de la publicación de su catálogo, quedará en nosotros como el más preciado recuerdo.

Nos gustaría hoy valorar otra obra pionera del profesor Comellas. Se trata, nada menos, que de un completo manual de medición de estrellas dobles visuales para amateurs, complemento ideal a las sucesivas versiones de sus catálogos: Don José Luis nos proporciona tanto la herramienta como el método. Este documento, hallazgo valioso y entrañable, fue editado y distribuido, en 1983, precisamente por la asociación anfitriona de este evento del día de hoy: la veterana Agrupación Astronómica Albireo de Sevilla y lleva por título *Observación de Estrellas Dobles por Aficionados*.

Viendo sus páginas mecanografiadas, como se hacía antes, uno puede sin esfuerzo evocar al profesor Comellas quien, a golpe de tecla, en un mecánico repiqueteo, iría dejando el alma en cada frase. Sentencias que, en la modernidad en que vivimos, son capaces de desmoronar nuestra concepción presente y hacernos volver a la magia de la observación visual de estrellas dobles. Sus 31 páginas no se leen, más bien se saborean: desgranando sus párrafos hemos percibido algo especial, un no saber qué, que hacía años que no sentíamos. Su efecto nostálgico ha sido notable: nos ha permitido recordar viejas batallas, siempre ganadas -ahora somos conscientes-, cara a cara con aquellos modestos telescopios coronados por aún más precarios micrómetros caseros y, siempre, bajo un firmamento mucho más negro que el de hoy. Eran tiempos de ilusión, de continua admiración, de aprendizaje y de error, de tesón para desdoblar lo imposible, de lápiz y de cuaderno de observación, de luz roja de

celofán, de mesa de camping oxidada -a modo de altar nocturno-, de termo de café y de borracheras de estrellas. Ordenador, Internet, CCD, eran vocablos aún no inventados, pues no existía nada que se pudiera designar con ellos. Todo se hacía a golpe de tecla -valga aquí el símil- con pasión y por pasión; y, al igual que hacen los niños, explotando y alimentando a cada segundo nuestra capacidad innata de sorprendernos.

Don José Luis y su forma tan especial de transmitir oficiaron de mediadores entre nosotros y las parejas de estrellas. Y ya no hubo vuelta atrás, fue un viaje sin retorno. Mil gracias, profesor, por tenderos esa trampa. Nunca dejaremos de agradecerse.

En la página 5 encontramos un detalle curioso y revelador que saca a la luz el altruismo y la generosidad de nuestro maestro: Comellas escribe que en 1983 aún no tenía editor para su *Catálogo de Estrellas Dobles Visuales* (finalmente sería Equipo Sirius quien lo publicaría en 1988) pero que lo remitiría por correo, en versión xerocopiada (que hermosa palabra ésta), a cuantos aficionados se lo solicitasen.

En fin, el manuscrito que aquí recordamos, es una verdadera joya cuyo mensaje sigue vigente y que sin duda conseguirá acercar a más de un nuevo adepto a las estrellas dobles. A poco que empiecen a leer el hechizo no permite escapatoria.

Que sea esta comunicación nuestro homenaje en la distancia tanto a nuestro mentor, el profesor Comellas, como a la agrupación de la que fuera fundador y presidente. ©



Una fotografía para el recuerdo que siempre permanecerá en nuestros corazones: D. José Luis y D.ª M.ª Jesús posando con "sus queridos doblistas" tras la exposición de nuestra ponencia en el Congreso granadino. Desgraciadamente falta en ella Francisco Rica, que no pudo asistir al evento.

Resultados de la 7ª Campaña del Proyecto SEDA-WDS: dobles abandonadas en Leo Minor y Chamaeleon (1/2014)

Results of the 7th Campaign of SEDA-WDS Project:
Neglected Double Stars in LMi and Cha (1/2014)

David Cejudo¹, Enrique de Ferra^{2,3}, Gianni Galli⁴, Giapiero Locatelli⁵, Javier M. López Cuñat, Luis Montoro⁶, Ramón Palomeque Messía^{7,8}, Francisco C. Soldán Alfaro^{9,10} y Roberto Vasconi^{11,12}

■ ¹Observatorio El Gallinero, ²Amigos de la Astronomía de Lanzarote, ³Observatorio La Corte MPC J14, ⁴Observatorio GiaGA MPC 203, ⁵Maritime Alps Observatory MPC K32, ⁶Observatori Sant Celoni MPC B70, ⁷Asociación Astronómica Hubble, ⁸Grupo de Amigos de la Astronomía de Jaén, ⁹Agrupación Astronómica Albireo, ¹⁰Observatorio Amanecer de Arrakis Z74, ¹¹Observatorio Ío, ¹²GEDRRA

En este número presentamos los resultados de la séptima campaña del Proyecto SEDA-WDS (Seguimiento de Estrellas Dobles Abandonadas en el catálogo WDS) correspondientes al primer semestre de 2014. La constelación observada fue Leo Minor en el hemisferio Norte y Chamaeleon en el Sur.

In this paper we present the results of the 7th Campaign of the SEDA-WDS Project for the first half of 2014. Neglected double stars in Leo Minor constellation were observed in Northern Hemisphere, Chamaeleon in Southern.

El programa observacional

EN LEO MINOR, la constelación elegida en el hemisferio norte, el programa observacional contenía 11 sistemas. Como es habitual, se habían seleccionado atendiendo a los siguientes requisitos:

- Estrellas de magnitud inferior a la 18.
- Pares más abiertos de 1".
- Estrellas no medidas con posterioridad a 1988.

Para quien lo desee se encuentra disponible en la página web del proyecto <https://sites.google.com/site/sedawds/campanas-3/2014leo-minor>.

En el hemisferio Sur se había seleccionado Chamaeleon. Atendiendo a los mismos requisitos descritos antes, han resultado 9 sistemas que conforman el programa observacional. Lo podéis consultar en: <https://sites.google.com/site/sedawds/campanas-3/2014chamaeleon>.

Los Observadores

En esta ocasión hemos contado con observadores de España, Italia y Argentina. En la tabla 1 damos

relación de todos ellos, así como del equipo observacional usado y la resolución/píxel con la que han obtenido sus imágenes.

Los códigos de los observadores son propios y de carácter interno dentro de nuestro proyecto, aunque muchos de ellos son los mismos adjudicados por el propio Brian Mason. Como se ha comentado en ocasiones anteriores, cada una de las medidas aportadas aparecerá en el Washington Double Star Catalog (en adelante WDS) con el nuevo código asignado al pro-





yecto SEDA-WDS del que todos formamos parte (SDA).

En esta ocasión Luis Montoro y Ramón Palomeque, dos nuevos observadores, colaboran por primera vez en el proyecto con excelentes resultados.

Según la preferencia de cada observador, las imágenes obtenidas fueron medidas mediante dos métodos principales (tabla 2):

- Reduc: específico para el trabajo y medida en estrellas dobles. Su creador es el conocido doblista francés, y querido colaborador nuestro, Florent Losse.
- Astrométrica: software muy utilizado para el cálculo de astrometrías absolutas creado por Herbert Raab. Una vez obtenido el informe, la aplicación Dobles ideada por Julio Castellano transformará dichos resultados en los parámetros que nos interesan de las estrellas dobles: Theta y Rho.

Ambos métodos son totalmente fiables, obteniéndose unos resultados totalmente comparables.

Resultados

Se ha observado 10 de los sistemas propuestos, no pudiéndose encontrar el resto. Así que el porcentaje de sistemas identificados y actualizados es realmente alto. Por el contrario, en Chamaeleon solo ha sido posible encontrar a HJ 4610.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos.

Estudiando el par LDS6231 (en Cha, no localizado), **R. Vasconi localizó un nuevo sistema mpc** no catalogado en el WDS; se sitúa en las coordenadas: A=100707,0 -825013,9, B=100709,1 -825011,8. En un próximo artículo el autor presentará de forma oficial su descubrimiento y caracterizará el nuevo sistema, del que aquí solo dejamos constancia.

Agradecimientos

A cada uno de los observadores que han participado en todas las campañas del Proyecto SEDA-WDS, por todo el invaluable trabajo realizado durante estos años y por todos los sistemas dobles recuperados.

También a Brian Mason, que desde sus inicios mostró verdadero interés ante los resultados obtenidos. ☺

Referencias

Reduc: <http://astrosurf.com/hfosaf/>

Astrométrica: <http://www.astrometrica.at/>

Dobles: <http://astrosurf.com/cometas-obs/>

ArtSoftUtil/Software.html

Mason, B. D., Wycoff, G. L., Hartkopf, W. I., Douglas, G. G. et Worley, C. E., 2011: Washington

Double Star Catalog y actualizaciones electrónicas mantenidas por el USNO: <http://ad.usno.navy.mil/wds/>

Resultados de la sexta campaña del Proyecto SEDA-WDS: dobles abandonadas en Corona Borealis (1^{er} semestre de 2013)

Debido a un lamentable error en el procesado de los datos correspondientes a la sexta campaña del Proyecto SEDA-WDS dedicada a la constelación de Corona Borealis, que fueron publicados en el anterior número, los resultados obtenidos por Francisco Soldán no fueron incluidos. Pedimos disculpas por esta lamentable omisión.

Presentamos sus medidas (tabla 4) para que así pasen a formar parte de la extensa base de datos del Proyecto. Para la obtención de las imágenes usó un telescopio Schmidt-Cassegrain de 8" (203 mm) y una cámara Atik 314L, trabajando a una resolución de 0,85"/píxel desde su observatorio Amanecer de Arrakis (MPC Z74) en Alcalá de Guadaíra (Sevilla).

TABLA 4. MEDIDAS DE LA CAMPAÑA DE CrB

WDS ID.	DESCUBRIDOR	WDS MAGS.		ÉPOCA AÑO BESSEL.	THETA (°)	RHO (")	NOCHES	OBS.	NOTAS
15239+3053	LDS4548	13,50	19,2	2013,393	110,3	80,11	1	SDN	
15415+3834	LDS4585	8,5	16	2013,393	270,7	153,32	1	SDN	
16120+3803	LDS4649	16,0	16,2	2013,393	69,0	154,01	1	SDN	

TABLA 1. RELACIÓN DE OBSERVADORES E INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA.

OBSERVADOR	TELESCOPIO	CCD	ESCALA DE PLACA ("/PÍXEL)	CÓDIGO OBSERVADOR
David Cejudo	SC 300 mm	SBIG STX-8ME	0,588	CJD
Enrique de Ferra	Newton TSO 150mm	Atik 161C	2,03	EDF
Gianni Galli	SC 280 mm	SBIG STX-8ME	0,66	GGI
Gianpiero Locatelli	SC 250 mm	Atik 314L+	0,50	LOC
Javier M. López	Meade LX75	Meade DSI Pro III	0,59	JLC
Luis Montoro	SC 203 mm	Atik 314L+	0,83	MNR
Ramón Palomeque	SC 203 mm	Orion SDDS II Monochrome	1,48 x 1,43	RPM
Francisco Soldán	SC 203 mm	Atik 314L	1,92	SDN
Roberto Vasconi	Mak-Cas 180 mm	QHY6	0,43	RVA

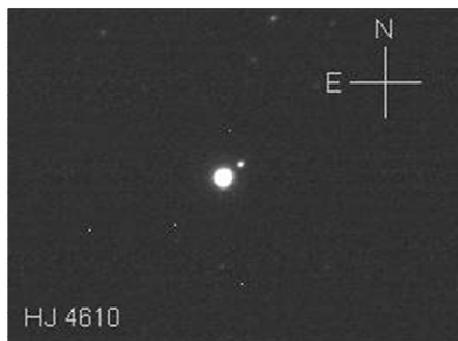


Figura 2. Sistema HJ 4610 observado por R. Vasconi desde Argentina.

TABLA 2. MÉTODOS DE REDUCCIÓN EMPLEADOS POR CADA OBSERVADOR.

OBSERVADOR	MÉTODO
CJD	Reduc
EDF	Astrometrica y Reduc
GGI	Reduc
LOC	Astrometrica y Reduc
JLC	Astrometrica
MNR	Astrometrica y Reduc
RPM	Astrometrica y Reduc
RVA	Astrometrica y Reduc
SDN	Astrometrica y Reduc

TABLA 3. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS EN LMi y CHA.

WDS ID.	DESC.	WDS MAGS.	ÉPOCA AÑO BESEL.	THETA (°)	RHO (")	NO-CHES	OBS.	NOTAS
10039+3801	HJ 2517	6,8	13,49	2014,176	134,4	41,9	1	CJD
				2014,092	134,5	42,05	1	MNR
				2014,237	134,5	42,46	1	RPM
				2014,049	134,4	43,2	1	SDN
				2014,199	134,6	41,7	3	LOC
				2014,185	134,5	42,0	1	JLC
10266+3401	LDS 1242	13,9	15,3	2014,272	182,3	2,6	1	LOC
10282+3819	LDS 915	12,66	12,55	2014,176	150,9	270,37	1	CJD
				2014,196	150,7	268,67	4	LOC
				2014,237	150,8	270,61	1	RPM
				2014,185	150,7	270,74	1	JLC
10311+3014	LDS1243	13,3	15,6	2014,176	272,8	8,80	1	CJD
				2014,283	272,5	8,96	1	GGI
				2014,138	273,5	8,52	1	MNR
				2014,232	272,7	8,65	2	LOC
				2014,264	274,1	8,73	1	RPM
				2014,267	274,5	8,97	1	SDN
10375+3015	HJ 487AB	10,98	11,22	2014,261	1,0	12,66	1	RPM
				2014,418	1,3	12,50	1	EDF
				2014,374	0,9	12,65	1	JLC
10375+3015	OPI 17AC	10,98	11,3	2014,261	283,8	52,61	1	RPM
				2014,418	283,8	52,66	1	EDF
				2014,374	283,8	52,64	1	JLC
10430+2620	BU 913AD	5,51	13	2014,176	284,2	46,4	1	CJD
				2014,204	285,4	46,26	2	LOC
				2014,294	285,3	46,29	1	MNR
				2014,262	284,7	46,67	1	RPM
				2014,267	285,8	47,11	1	SDN
				2014,311	284,9	46,92	1	JLC
10535+3338	ES 2223	10,9	12,8	2014,272	205,8	3,85	1	LOC
				2014,185	213,9	3,44	1	JLC
10571+3014	LDS4039	15,0	17,8	2014,264	6,5	163,71	1	RPM
				2014,433	6,5	163,7	1	CJD
				2014,198	6,7	162,49	3	LOC
				2014,417	6,4	163,75	1	EDF
11031+3215	SEI 522	11,0	11,0	2014,453	287,6	13,30	1	JLC
13535-8016	HJ 4610	9,1	12,9	2014,368	308,3	15,80	1	RVA

Notas:

1. CJD y RPM señalan que la componente A es más débil, aunque se mantiene la orientación según WDS.
2. Movimiento propio común elevado. Coordenadas precisas medidas por RPM en la fecha 2014,264 para la componente A = 10:31:07.704, +30:14:30.86
3. Coordenadas precisas medidas por RPM = 10 36 13.52 +30 07 02.2.

Mediciones de 289 estrellas dobles visuales con un telescopio GoTo controlado a distancia. Campaña de 2013 (segunda serie).

Measurements 290 Visual Double Stars with a telescope GoTo in «Remote Control». Campaign 2013. Second Part.

Marcel Fay

■ Correo-e: fay.marcel@orange.fr

Este artículo presenta los resultados de las mediciones de 289 estrellas dobles visuales realizadas en la campaña de 2013. Se utilizó un telescopio reflector de 283 mm de apertura y una cámara con sensor CCD, operando por control remoto. Las medidas se realizaron con el método astrométrico.

This paper present the results of the measurements for 289 visual double stars carried out in 2013. An 11 inch Schmidt-Cassegrain telescope and a CCD camera in remote control were used. The measures were realized by the astrometric method.

Introducción

ESTE TRABAJO PRESENTA las medidas de 289 estrellas dobles visuales hechas durante el año 2013, las cuales fueron efectuadas con un telescopio dotado de apuntado automático (GoTo) controlado a distancia y una cámara CCD a foco primario (detalles: ver el apartado *Instrumentos y Programas*).

La ventaja de las medidas astrométricas realizadas a partir de imágenes CCD, es el carácter impersonal de las mismas. La cámara usada es una ATIK 314L+, equipada con un sensor SONY ICX 285 AL y fue refrigerada entre -15 y -25° C con el fin de disminuir el número de píxeles calientes.

El telescopio, montado sobre una columna casera (más robusta y menos voluminosa que la original), es un Schmidt-Cassegrain Celestron 283 mm de apertura.

En esta campaña, las mediciones se hicieron en parte con una lente Barlow 2x (F/D teórico, 20).

La campaña de 2013

Medir estrellas dobles con grandes diferencias de magnitud es un lujo que solo se permite si se alían o combinan dos cosas esenciales:

i) tener una cámara con sensor ultrasensible, la ATIK

314L+, y

ii) disponer de un software de reducción con opciones muy variadas; hablamos de *Reduc*.

Muchas dobles -relativamente cerradas para una relación F/D = 20- han sido medidas con las opciones siguientes de *Reduc*: *Centrado manual*, *QuadPx* y *SURFACE*. Los pares con diferencias de magnitud hasta 8, fueron medidos y registrados en la tabla de medidas correspondiente. Estrellas dobles con un $\Delta M = 12$ fueron medidas, pero como la componente principal estaba muy saturada, los resultados no se incluyeron en el listado, aún a pesar de ser científicamente reproducibles y confirman los valores precedentes de theta y rho.

El objetivo de estas medidas, ha sido el siguiente:

- 1) Estudiar sistemas que no han sido medidos desde hace un siglo.
- 2) Confirmar parejas no medidas desde el descubrimiento.
- 3) Identificar, al menos, la componente principal de cada par.

En esta campaña, casi todas las componentes han sido identificadas, gracias a la implementación del catálogo UCAC4 en el software de control.

En cada sesión de observación, los valores de theta y rho de una estrella de calibración (Mauroy, Mauroy y

NÚMERO**	VALOR EN %	RHO MÍNIMO/ MÁXIMO (")
19	6,57	1 < rho <= 5
87	30,10	5 > rho <=10
99	34,26	10 > rho <= 20
84	29,07	20 > rho <= 38

Tabla 1. Número de dobles observadas en función de Rho.

NÚMERO**	VALOR EN %	DELTAM	COMENTARIOS
8	2,77	0	mA = mB
3	1,04	DeltaM < 0	DeltaM < 0 cuando/si mB > mA
136	47,06	0 >DeltaM <= 2	
136	47,06	2 >= DeltaM < 8	
6	2,08	8 >= DeltaM < 11	

Tabla 2. Número de dobles observadas en función de la diferencia de magnitud (DeltaM).

NÚMERO**	VALOR EN %	NÚMERO DE VECES QUE SE SEÑALA EN WDS	COMENTARIOS
(45)	-15,57	0	TODAS LAS NUEVAS DOBLES FYM NO ESTÁN CONTABILIZADAS POR ESO TIENEN 0 OBSERVACIONES
44	15,23	1 A 2	SEGUNDA OBSERVACIÓN DESDE EL DESCUBRIMIENTO
60	20,76	3 A 4	
62	21,45	5 A 10	
62	21,45	11 A 50	
14	4,84	51 a 200	
2	0,69	Más de 200 veces	

Tabla 3. Número de veces que cada doble se ha observado.

(**): número sobre un total de 289.

Morlet, 2007) sirven como parámetros para calibrar la cámara. Estos parámetros son:

- *Delta matrice*, denotado como Delta en *Reduc*. Es la corrección angular. Este parámetro sirve para ajustar el ángulo de rotación de la cámara.
- *E* sirve para ajustar el valor de la resolución o escala de placa (en segundos de arco por píxel, denotado como *E* en *Reduc*).

Por lo general, el par de calibración es medido al comienzo de la sesión de medición. La misma pareja se vuelve a medir en medio de la noche (en nuestro caso una vez de cada dos). Finalmente, se mide una última pareja al final de la sesión. Esta última no tiene que ser forzosamente una estrella de la lista de pares de calibración, sirve cualquier otra cuyo ángulo de posición no haya variado más de un grado en un siglo.

La medición de pares de calibración en la mitad y/o al final de la sesión es necesaria si se persigue mejorar la precisión de las medidas. En efecto, tan pronto

como se ajusta la focal con el dispositivo Z.I.S., ésta cambia, y con ella el valor de la escala de placa (*E*). El valor de *E* en esta campaña resultó ser $0,198 \pm 0,005$ "/píxel con una $F/D = 20$. La variación entre el comienzo y la mitad de la noche es la más importante. La estabilidad térmica, generadora de turbulencias, desaparece en gran parte durante este periodo.

Para cada doble medida y controlada con respecto a los datos del catálogo WDS, se verificaron los siguientes parámetros:

- La existencia de sinónimos (pares duplicados).
- Si es el caso, la adición de notas de interés después de hacer las consultas de rigor en los tres ficheros adjuntos al WDS, el DeltaM y el complemento de "Notas 2".
- Si los pares a medir son estrellas dobles resueltas y figuran el *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars* se documenta en la lista *Notas* de este documento.

Las tablas 1, 2 y 3 muestran algunas estadísticas interesantes (página anterior).

He añadido 45 nuevas dobles con magnitudes entre la 13 y la 14,5 (estimación hecha por *Reduc*). Provisionalmente han sido nombradas con mi código de observador (FYM).

Medidas

La tabla de medidas (tabla 4) está ordenada por orden creciente de Ascensiones Rectas.

Los campos de datos de izquierda a derecha son:

- Identificador WDS.
- Identificador de la doble con sus componentes.
- mA: Magnitud visual de la componente A.
- mB: Magnitud visual de la componente B.
- La diferencia de magnitud (DeltaM) en la banda verde (visual), extraída del WDS.
- La separación en segundos de arco (Rho).
- El ángulo de posición en grados (Theta).
- La fecha/época de observación en año decimal besseliano.
- Número de observaciones registradas en el WDS.

Agradecimientos

A Florent Losse por sus innumerables consejos, tanto sobre la técnica de medición de las dobles como por la utilización de *Reduc*.

A Philippe Dupouy, director del observatorio DAX por autorizarme a "invadir" una de sus cúpulas y también por sus preciosos consejos, tanto para la instalación de los programas de comunicación como también por la asistencia en la colimación del telescopio, porque cuanto mayor es la distancia focal más delica-

do es el reglaje.

A Brian D. Mason y William I. Hartkopf por el envío del CD-ROM del Observatorio Naval de los Estados Unidos y su precioso contenido, el catálogo WDS.

A mi editor, OED, por las mejoras en la presentación del presente documento.

Instrumentos y programas

Para detalles en cuanto a las herramientas y los programas usados ver las publicaciones precedentes del mismo autor (listadas en las *Referencias*). 

Referencias

Fay, M., 2013, *Una premier: medidas CCD de 210 estrellas dobles visuales en remoto con un telescopio GoTo*, El Observador de Estrellas Dobles, nº 10, 38-50

Fay, M., 2013, *Misure di 830 stelle doppie eseguite con un telescopio Go-To in "controllo remoto"*, Il Bollettino Delle Estelle Doppie, nº 5, 47-73

Fay, M., 2013, *Misure di 110 stelle doppie eseguite con un telescopio Go-To in controllo remoto - Campagna osservativa 2012, 2ª parte*, Il Bollettino Delle Estelle Doppie, nº 6, 35-39

Fay, M., 2013, *Scoperte e risultati delle misurazioni di 224 stelle doppie utilizzando un telescopio Go-To in controllo remoto - Campagna osservativa 2011-2012*, Il Bollettino Delle Estelle Doppie, nº 6, 40-49

Mauroy, F., Mauroy, P., Morlet, G., 2007, *Liste d'étoiles doubles étalons*, Observations & Travaux, vol. 67, 17-19

Traducido del francés por Edgardo Rubén Masa Martín

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
19039+3409	BU 1285 AB	7,3	12,8	5,5	11,6	263,0	2013,545	3
19088+3446	STF 2470	7,03	8,44	1,41	14,0	267,5	2013,545	52
19091+3436	STF 2474 AB	6,78	7,88	1,1	15,5	262,8	2013,545	68
19142+3413	STT 366 AB	7,67	10,55	2,88	21,7	230,0	2013,545	19
19142+3413	WAL 106 AD	7,67	13,16	5,49	22,75	114,46	2013,545	2
19142+3413	ES 2675 AC	7,67	11,7	4,03	26,8	138,7	2013,545	3
19142+3413	ES 2675 CD	7,67	8,5	0,83	10,28	15,49	2013,545	3
19143+6754	STF 2508	9,31	9,74	0,43	17,88	115,8	2013,422	22
19145+3434	STT 367 A,BC	7,31	10,26	2,95	34,6	226,0	2013,545	23
19145+3434	HO 648 AD	7,31	12,9	5,59	15,75	91,9	2013,545	4
19168+6742	STF 2514 AB	9,6	11,9	2,3	23,1	351,48	2013,422	22

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
19199+3532	FYM 179 AD	8,31	12	3,69	13,1	233,6	2013,545	
19199+3532	STF 2505 AB	8,31	9,46	1,15	11,9	315,12	2013,545	28
19199+3532	FYM 179 AE	8,31	12	3,69	14,67	112,5	2013,545	
19260+3555	BU 1286 AB	9,45	10,49	1,04	22,6	44,5	2013,545	32
19260+3555	BU 1286 AC	9,45	13,1	3,65	5,66	107,0	2013,545	7
19260+3555	BU 1286 BC	10,49	13,1	2,61	20,3	215,4	2013,545	9
19260+3555	BU 1286 BD	10,49	11,6	1,11	34,06	26,6	2013,545	3
19277+3632	STF 2534	8,21	8,39	0,18	6,3	63,0	2013,545	54
19291+2438	POU 3854 AC	11,41	12,9	1,49	14,6	135,0	2013,592	3
19306+2817	BU 651 AB	8,9	12,9	4,0	6,5	287,0	2013,605	17
19312+6319	STF 2549 DC	8,03	9,28	1,25	29,0	76,0	2013,422	35
19312+6319	STF 2549 AC	8,34	9,28	0,94	28,35	284,0	2013,422	37
19315+2808	ES 485	10,41	11,7	1,29	2,2	337,12	2013,661	5
19333+2629	COU 1029 BD	9,38	13	3,62	7,2	274,7	2012,582	2
19350+2518	POU 3933	11,17	11,75	0,58	15,8	283,1	2013,578	7
19349+2525	J 2982	12,4	13,8	1,4	5,5	174,2	2013,578	5
19351+2526	J 2983	11,3	13	1,7	5,83	205,0	2013,578	3
19352+2501	POU 3940	10,6	10,7	0,1	10,2	25,0	2013,578	4
19359+2859	SLE 645	9,96	11,7	1,74	5,93	45,4	2013,51	2
19363+3540	STT 377 AB,C	9,37	10,29	0,92	27,5	153,1	2013,545	23
19363+3540	STT 377 BC	9,42	10,29	0,87	25,2	153,5	2013,545	4
19363+3540	FYM 180 CD	10,29	12,86	2,57	8,73	167,7	2013,545	
19363+2640	FYM 70 AC	8,36	12,2	4,64	22,5	108,2	2012,566	
19365+2502	FYM 82 AF	8,66	14,15	5,49	21,4	201,5	2012,58	
19365+2502	FYM 82 AE	8,66	15,76	7,1	15,2	318,0	2012,582	
19370+0911	J 171	9,7	10	0,3	3,6	239,0	2012,719	14
19370+2057	HDS 2781	9,49	11,53	2,04	14,0	212,0	2013,592	4
19394+2942	SLE 658	11,39	12,2	0,81	6,0	12,8	2012,719	2
19394+3029	FYM 175 AE	11	14,72	3,72	23,9	181,167	2013,51	
19394+3029	SLE 659 AB	11	11,5	0,5	8,3	107,7	2013,51	4
19394+3029	SLE 659 AC	11	12,2	1,2	15,7	88,0	2013,51	3
19394+3029	FYM 175 EF	14,72	15,89	1,17	7,32	21,9	2013,51	
19399+2402	POU 3997	10,45	13,8	3,35	13,9	60,8	2012,582	2
19399+2402	FYM 204 AC	10,45	14,59	4,14	19	241,0	2012,58	
19399+2402	FYM 204 BE	13,8	15,2	1,4	5,5	353,0	2012,58	
19399+2402	FYM 204 AF	10,45	15,95	5,5	17,5	187,3	2012,582	
19399+2402	FYM 204 AG	10,45	16,2	5,75	12,3	99,0	2012,582	
19407+2343	FYM 77 AG	6,64	14,52	7,88	17,0	8,9	2013,578	
19407+2343	FYM 77 AI	6,64	15,07	8,43	22,8	243,0	2012,653	
19407+2343	FYM 103 CD	11,49	14,77	3,28	31,0	94,0	2012,653	
19423+2322	POU 4017	12,51	14,4	1,89	11,9	189,0	2013,578	2
19432+2318	FYM 83 GL	10,5	13,5	3,0	4,25	52,0	2012,582	
19432+2318	FYM 83 AM	9,4	13	3,6	8,94	301,74	2012,582	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
19433+2320	POU 4032	12	13,4	1,4	11,6	180,0	2013,578	3
19434+2318	POU 4034	12,33	13,82	1,49	16,1	153,0	2013,578	3
19452+2055	STF 2577 AB	8,43	9,56	1,13	5,8	261,0	2013,592	30
19502+0749	J 3015 AC	11	15	4,0	7,13	242,8	2013,654	3
19501+2311	CHE 156	11,89	13,4	1,51	9,22	279,0	2012,582	2
19508+0852	DAL 27 AD	0,95	11,9	10,95	29,4	100,42	2013,654	6
19524+0853	BRT 2611	12,6	12,82	0,22	3,52	174,45	2013,654	2
19527+0820	AG 241	9,83	10	0,17	10,9	197,0	2013,656	3
19547+0708	BU 659	6,15	12	5,85	15,0	303,2	2013,654	13
19550+0441	BAL 2954 AB	11,57	11,5	-0,07	13,45	208,35	2013,654	2
19553+0539	J 543	9,6	9,6	0,0	2,8	10,37	2013,654	9
19563+3505	FYM 181 CE	10,5	11,5	1,0	8,31	264,0	2013,545	
19575+2018	BU 425 AC	9,17	12,61	3,44	23,0	41,5	2013,592	11
19575+2018	BU 425 AD	9,17	13,12	3,95	30,4	84,0	2013,592	1
19579+2032	BU 981 AC	8,32	11,3	2,98	30,5	56,0	2013,592	7
19584+2859	ES 495 BC	11,1	11,8	0,7	5,0	319,3	2012,718	4
19584+2859	FYM 73 BD	11,8	15	3,2	18,0	121,6	2012,719	
19584+0852	J 818 AC	11,01	11,1	0,09	23,8	187,0	2013,663	13
19584+0852	FYM 186 BD	11,1	14,04	2,94	19,5	158,8	2013,663	
19591+0849	J 3038	12,44	13,5	1,06	6,0	49,0	2013,663	3
20000+2446	POU 4175	12,19	12,4	0,21	13,3	77,9	2013,56	8
20003+2446	POU 4181	12,8	13,5	0,7	4,7	208,0	2013,56	3
20010+0853	J 3041 AB	11	11	0,0	6,4	125,0	2013,663	2
20010+0853	J 3041 BC	11	11	0,0	13,5	124,5	2013,663	4
20020+0910	J 3044	10,4	10,8	0,4	5,4	324,5	2013,663	2
20024+3519	FYM 84 AS	6,2	14,93	8,5	22,3	271,2	2013,545	
20024+3519	ES 202 BN	9,2	13,5	4,3	3,5	108,0	2013,545	7
20060+3547	DOO 78 FH	7,3	13,8	6,5	17,7	153,5	2012,59	4
20063+3535	BKO 83 GH	12	13	1,0	3,4	226,6	2013,545	2
20063+3535	BKO 83 EF	10,7	13,8	3,1	6,0	226,0	2013,545	2
20099+2055	STF 2637 AB	6,56	8,85	2,29	12,3	332,0	2013,592	122
20101+0827	STF 2635 AB	6,66	10,19	3,53	7,8	80,0	2013,663	24
20120+2100	HJ 907 AB	9,77	10,33	0,56	5,7	137,2	2013,592	12
20131+3209	FYM 76 BD	10,98	12,76	1,78	17,7	49,8	2012,58	
20138+2021	HJ 2941	10,4	10,87	0,47	6,22	109,0	2013,578	11
20145+3648	FYM 105 AH	4,96	12	7,04	10,0	132,7	2012,667	
20145+3648	FYM 105 AF	4,96	12,38	7,34	32,7	32,7	2012,667	
20146+3522	SEI 1040	10,5	11	0,5	4,4	47,8	2013,545	4
20156+1958	ROE 101 AB	8,38	9,6	1,22	12,9	52,0	2013,578	7
20156+1958	ROE 101 AD	8,38	11,3	2,92	11,9	288,0	2013,578	3
20156+0749	STF 2656	7,34	11,3	3,96	9,65	234,0	2013,663	18
20177+2025	J 2308 BC	15,5	14	-1,5	6,0	296,0	2013,622	3
20178+0612	AG 251 AB	8,61	10	1,39	7,29	185,0	2013,663	18

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
20183+2539	BU 985 CD	10,87	13,6	2,73	8,3	68,46	2013,66	6
20183+2002	HJ 912 AB	10,65	10,53	-0,12	5,16	76,6	2013,592	12
20188+3507	FYM 178 AB,E	8,57	13,96	5,39	12,7	75,0	2013,545	
20188+3507	FYM 178 AB,F	8,57	14,02	5,45	27,8	288,5	2013,545	
20209+1948	HJ 2954 BC	10,54	13	2,46	22,03	291,83	2013,622	1
20232+3542	HJ 1506 AC	8,13	10,6	2,47	35,6	193,8	2013,545	11
20232+3542	FYM 177 CF	10,6	15,35	4,75	8,8	124,0	2013,545	
20232+3542	HJ 1506 AB	8,13	10,94	2,81	9,3	204,0	2013,545	16
20232+3542	FYM 177 AD	8,13	14,22	6,09	29,0	125,0	2013,545	
20235+3540	SEI 1109	11,61	12,08	0,47	27,62	110,24	2013,545	5
20235+3540	FYM 176 BC	11,98	11,98	0,0	7,5	33,7	2013,545	
20238+3830	BKO 153 BE	11,6	14	2,4	14,8	263,0	2012,674	2
20238+3830	BKO 153 BF	11,6	13,2	1,6	16,0	323,0	2012,674	2
20238+3830	BKO 153 BG	11,6	13,9	2,3	14,8	30,0	2012,674	2
20238+3830	FYM 128 BH	11,6	15,56	3,96	10,7	221,0	2012,674	
20238+3830	FYM 128 BI	11,6	14,41	2,81	31,6	58,0	2012,674	
20244+1935	STF 2679 AB	7,88	9,69	1,81	24,8	77,6	2013,592	36
20257+4004	TOR 25 AB	8,73	10,5	1,77	4,8	191,7	2012,68	5
20263+1743	HJ 2962	10,75	11,8	1,05	13,8	104,0	2013,605	3
20297+3808	STF 2691	8,14	8,45	0,26	17,2	31,0	2013,545	37
20300+3832	SMA 117	9,05	11,6	2,55	12,4	263,53	2013,545	6
20302+1925	FOX 254 CD	7,3	15,3	8,0	34,2	301,0	2013,578	2
20302+1925	FOX 254 AE	6,8	13	6,2	21,2	70,0	2013,578	6
20317+3831	ES 246 AC	10,92	12,4	1,48	9,98	353,2	2013,545	7
20394+0029	FYM 187 CD	11,3	14,34	3,04	18,82	122,0	2013,663	
20394+0029	FYM 187 AE	5,05	14	8,95	35,2	117,8	2013,663	
20393+2003	J 3103	12,05	12,42	0,37	5,7	224,0	2013,578	2
20434+2536	HO 138 CD	11,2	11,8	0,6	3,52	5,63	2012,56	11
20434+1604	HJ 1564	10,72	11,7	0,98	11,3	41,4	2013,638	3
20436+1944	STF 2722	8,32	8,94	0,62	7,45	306,14	2013,578	38
20436+1537	J 3108	11	12,5	1,5	6,24	197,0	2013,638	2
20445+0029	BAL 1219	10,98	13,1	2,12	17,3	214,23	2013,663	3
20462+1554	STF 2725 AB	7,54	8,2	0,66	6,1	11,6	2013,638	253
20466+1532	J 3110	9,5	9,8	0,3	6,7	222,0	2013,638	5
20467+1607	STF 2727	4,36	5,03	0,67	9,0	266,0	2013,592	500
20490+1551	OL 219	10	11	1,0	3,77	10,4	2013,605	1
20520+1422	BRT 1956	11	11,1	0,1	6,5	197,0	2013,654	5
20527+1528	HJ 1585	9,88	11,9	2,02	15,0	195,0	2013,654	5
20541+1402	J 846	10,8	11,14	0,34	3,3	157,0	2013,654	14
20553+3214	GYL 42	11,75	11,85	0,1	15,06	26,0	2012,719	4
20555+1730	J 3328	11,99	14,7	2,71	3,9	122,2	2013,66	2
20572+0028	BU 1496 AC	6,05	12,5	6,45	33,5	111,26	2013,663	4
20572+0028	HWE 55 AB	6,05	11,76	5,71	26,9	70,6	2013,663	12

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
20577+1402	A 1685 AC	10,13	13,5	3,37	14,5	126,25	2013,654	6
20585+1607	J 3118	9,4	11,2	1,8	5,78	74,2	2013,661	4
20585+1626	STF 2738 AB	7,51	8,57	1,06	14,8	254,0	2013,661	54
20589+1741	BRT 2487	10,25	10,31	0,06	4,2	121,05	2013,661	8
20593+1744	J 1716	10	11	1,0	6,4	224,0	2013,661	4
20593+1534	STT 424 AC	8,43	10,9	2,47	34,3	305,0	2013,661	17
21007+3353	OSO 138 AI	9,75	14,1	4,35	33,0	123,0	2012,686	4
21007+3353	BUP 222 AD	9,75	13	3,25	18,136	264,43	2012,686	5
21007+3353	FYM 196 AN	9,75	14,86	5,11	23,9	95,0	2012,686	
21007+3353	FYM 196 AO	9,75	16	6,25	10,4	346,0	2012,686	
21033+1259	HJ 272	9	10,65	1,1	11,37	253,9	2013,654	11
21039+0106	BAL 1223	9,44	12,1	2,66	11,3	157,0	2013,663	3
21047+1303	BRT 1350	11	12	1,0	6,5	157,0	2013,654	3
21071+1153	HJ 274 AB	11,77	12,2	0,43	9,22	91,0	2013,654	5
21072+1524	HJ 275	8,28	10,63	2,35	22,3	336,5	2013,605	8
21075-0010	STF 2755	6,88	9,86	2,98	25,06	78,77	2013,663	26
21097+1434	OL 132	12,1	12,3	0,2	4,29	229,8	2013,661	2
21094+1721	STF 2763 BC	10,88	12,4	1,52	30,9	226,5	2013,661	4
21094+1721	STF 2763 AB	9,91	10,88	0,97	17,4	293,0	2013,661	28
21105+2227	STF 2769 AB	6,65	7,42	0,77	18,0	300,0	2013,731	73
21109+1615	SMA 133	9,46	11,8	2,34	11,73	333,5	2013,661	3
21116-0118	BAL 621	8,33	11,47	3,14	11,44	136,22	2013,663	6
21116-0118	FYM 189 AC	8,33	14,95	6,62	12,37	46,9	2013,663	
21122+1511	SMA 138	11,23	11,8	0,57	12,1	274,0	2013,605	4
21123-0142	BAL 263 AB	11,47	12	0,53	15,93	358,0	2013,663	3
21123-0142	LYS 37 AC	11,47	13,5	2,03	33,2	85,0	2013,663	2
21123-0142	FYM 190 AD	11,47	15,32	4,03	16,0	177,8	2013,663	
21124+1432	HJ 1619 CD	11,5	11,5	0,0	11,28	319,0	2013,578	2
21124+1432	HJ 1619 AB	9,5	10,5	1,0	7,2	173,0	2013,578	18
21124+1432	SHT 36 AE	9,5	15	5,5	19,6	12,32	2013,578	2
21124+1432	SHT 36 AF	9,5	15,5	6,0	36,0	146,0	2013,578	3
21132+1500	SMA 139 AB	10	10,5	0,5	8,0	37,0	2013,661	5
21132+1500	SMA 139 AC	10	11	1,0	11,5	155,0	2013,661	4
21168+1337	J 578	9,4	11,8	2,4	7,16	278,0	2013,661	7
21177+1417	J 3133	10,6	11,5	0,9	5,5	49,0	2013,578	4
21184+1233	BRT 1352	10,6	12	1,4	5,04	182,0	2013,661	3
21185+4747	HJ 1635 AB	10,24	12,2	1,96	17,0	344,65	2012,642	4
21187+1417	J 1785	9	10,8	1,8	7,7	317,7	2013,605	6
21186+6235	BU 1502 B,CD	11,46	11,5	0,04	21,9	165,0	2012,751	3
21220+2350	COU 132	8,85	10,33	1,48	13,3	201,0	2013,731	11
21223+2449	POU 5353 AB	10,81	13,2	2,39	13,29	175,72	2013,731	2
21241+2519	BU 447 AB	6,2	12,2	6,0	9,4	309,0	2013,731	16
21242+1237	FYM 182 AC	8,73	15,35	6,62	15,0	164,4	2013,661	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
21242+1237	HJ 282	8,73	13,1	4,37	27,5	71,0	2013,661	4
21251+0923	STF2793 AB,C	7,44	8,98	1,54	27,0	242,0	2013,661	52
21251+2401	POU 5363	10,4	11,9	1,5	7,28	285,0	2013,731	2
21254+1121	A 887 AC	8,29	11,7	3,41	12,35	322,37	2013,661	2
21287+7034	STF 2806 AB	3,17	8,63	5,46	14,1	248,3	2013,737	97
21344+1127	BU 273	8,37	12,3	3,93	5,6	89,0	2013,578	13
21345+0930	STF 3112	7,96	10,32	2,36	7,1	240,23	2013,661	30
21345+0930	FYM 191 AC	7,96	14,5	6,54	25,7	200,0	2013,66	
21364+0753	HJ 938	8,1	11,8	3,7	11,4	125,35	2013,661	11
21376-0023	STF 2809	6,22	9,36	3,14	30,6	162,0	2013,663	47
21376-0023	FYM 184 AC	6,22	13,84	7,62	37,75	18,34	2013,633	
21391+6846	MLB 305	9,1	11,1	2,0	6,4	83,4	2013,737	6
21395-0003	BU 1212 AB,C	6,63	10,9	4,27	36,2	178,2	2013,663	18
21424+0027	STF 2817 AB	8,88	9,2	0,32	25,7	155,0	2013,663	28
21424+0027	AOT 107 AC	8,88	14,9	6,02	35,61	157,2	2013,663	2
21424+0027	AOT 107 BC	9,2	14,9	5,7	6,43	174,3	2013,663	2
21462+0536	HJ 3057	11,48	12,5	1,02	21,32	7,0	2013,661	6
21466-0127	J 615	9,4	10,6	1,2	5,4	348,0	2013,663	5
21491+6648	STF 2836 AB	6,53	10,36	3,83	11,8	155,6	2013,737	22
21498+6802	MLB 1094	11,42	11,9	0,48	8,7	230,2	2013,737	4
21513+0821	STF 2831	8,61	11,52	2,91	14,4	355,0	2013,674	14
21518+6453	STF 2844	6,95	9,98	3,03	12,1	262,0	2013,737	15
21519+0905	STF 2833	7,84	10,2	2,36	9,1	337,0	2013,674	34
21521+0739	OSO 158 AC	10,84	17,4	6,56	13,4	33,7	2013,674	3
21540+1553	HJ 288	11	12	1,0	13,95	54,7	2013,592	4
21546-0318	STF 2838	6,29	9,52	3,23	15,7	182,0	2013,663	53
21565+0715	HJ 3069 AB,C	8,41	12	3,59	24,0	74,7	2013,674	5
21567+1607	STT 455	8,57	10,29	1,72	9,93	271,05	2013,592	24
21576+0501	HJ 3073	9,07	12,27	3,2	25,65	18,0	2013,674	9
21580+0556	STF 2848	7,21	7,73	0,52	10,8	56,0	2013,661	90
22015+0310	J 1726	11,18	11,79	0,61	5,7	329,5	2013,674	4
22015+0313	BAL 2061	9,69	12	2,31	9,83	136,2	2013,674	2
22017+0233	HJ 3080	10,16	13,2	3,04	20,7	294,0	2013,674	4
22019+0446	STTA 228 AC	8,09	12,8	4,71	13,61	183,0	2013,661	5
22032+0157	ARG 96	10,64	10,8	0,16	8,42	3,0	2013,674	7
22038+6438	STF 2863 AB	4,45	6,3	1,85	8,104	268,27	2013,737	253
22052+4403	HJ 1723 AB	9,5	11	1,5	20,9	195,4	2012,68	5
22052+4403	HJ 1723 AC	9,5	12	2,5	26,5	262,4	2012,68	3
22053-0125	STF 2855 AB	8,34	10,26	1,92	25,1	305,2	2013,663	31
22068+1505	HJ 1726	11	11,5	0,5	18,9	23,9	2013,592	12
22073+1509	HJ 1727	12,1	12,6	0,5	29,1	220,8	2013,592	5
22080+6405	HJ 1739	9,26	11,2	1,94	19,2	62,8	2013,737	5
22110+6324	FYM 192 AD	7,99	12,98	5,01	28,8	81,2	2013,737	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
22110+6324	STF 2879 AC	7,99	12,2	4,21	28,9	261,1	2013,737	5
22185+6313	STF 2896	7,8	8,57	0,77	21,55	240,8	2013,737	23
22189+6318	FYM 193 AC	10,84	12,76	1,92	23,18	72,3	2013,737	
22189+6318	STI 1105	10,84	12,4	1,56	11,0	293,0	2013,737	3
22189+6318	FYM 193 AD	10,84	14	3,16	16,2	200,0	2013,737	
22192+6355	HJ 1754 AB	10,92	11,47	0,55	8,9	153,0	2013,737	8
22205+0547	HJ 962 AC	5,4	11,32	5,92	18,4	229,7	2013,661	20
22217-0123	HJ 3106	3,84	12,2	8,36	33,3	150,2	2013,663	9
22226+0628	STF 2899 AB	8	11,2	3,2	20,5	32,0	2013,661	6
22239+6254	STI 1107	11,9	11,9	0,0	9,66	117,0	2013,737	2
22256+6349	STI 1108	9,73	12,2	2,47	9,85	76,0	2013,737	2
22282+1716	STF 2908	7,74	9,68	1,94	9,0	113,0	2013,592	52
22324+3947	ROE 47 DE	9,5	9,9	0,4	6,55	175,4	2012,667	6
22324+3947	FYM 109 AF	6,9	14,11	7,21	22,0	106,0	2012,667	
22324+3947	FYM 109 AG	6,9	14,65	7,75	32,8	203,0	2012,667	
22362+0010	STF 2921 AB	9,95	12,9	2,95	29,7	237,0	2013,663	9
22374+0014	J 919	10,5	11,1	0,6	5,0	77,0	2013,674	9
22421+0012	SCA 128 AB	11,4	12,4	1,0	28,0	316,0	2013,674	2
22421+0012	SCA 128 AC	11,4	12,7	1,3	29,0	92,0	2013,674	2
22428+6307	MLB 180 AB	10,92	12,2	1,28	7,18	187,9	2012,751	4
22430+0113	STF 2936	7,04	9,6	2,56	4,15	52,2	2013,674	29
22516-0149	RST 4711	7,9	13	5,1	6,8	127,6	2013,663	3
22520+4319	BU 451 AB	4,94	11,54	6,6	23,32	158,0	2013,686	8
22533+6209	ES 142	9,42	11,91	2,49	7,607	329,0	2012,751	13
22571-0315	STF 2959 AB	6,56	10,18	3,62	9,92	127,75	2013,663	37
22571-0315	BU 713 AC	6,56	13,1	6,54	21,5	109,3	2013,663	2
22571-0315	BU 713 BC	10,18	13,1	2,92	12,3	94,0	2013,663	9
22597-0422	STF 2964	8,29	9,54	1,217	8,64	279,65	2013,663	26
23039+6052	HJ 1845 AC	9,16	12,4	3,24	20,0	77,0	2012,751	4
23054+5453	HJ 3172	11,39	11,72	0,33	13,6	164,33	2013,726	7
23067-0412	HJ 978	9,21	10,71	1,5	14,9	288,85	2013,663	21
23075+3250	STF 2978	6,35	7,46	1,054	8,34	144,55	2013,701	111
23079+3128	BU 78 AB	7,47	11,09	3,62	18,45	54,0	2013,701	13
23144+3147	HJ 983 AB	9,28	10,34	1,06	16,82	157,8	2013,701	11
23144+3147	HJ 983 AC	9,28	14	4,72	25,72	298,22	2013,701	1
23147+2931	MLB 504	11,1	13,3	2,2	5,4	149,0	2013,701	3
23159+2729	HJ 1862	9,13	10,3	1,17	17,42	233,0	2013,701	9
23166-0135	STF 2995	8,2	8,61	0,41	5,2	31,8	2013,663	88
23176-0131	BU 79 AC	8,23	16,7	8,47	16,0	157,2	2013,663	2
23188+0510	STF 2999 BC	9,17	10,86	1,69	9,98	172,0	2013,726	10
23192+1327	HJ 307	10,22	12	1,78	25,42	313,55	2013,726	14
23195+1326	HJ 309	12,4	13,18	0,78	13,4	327,0	2013,726	9
23215+2457	STF 3005	8,9	12,2	3,3	20,5	23,22	2013,701	9

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 4. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

Id. WDS	Nombre	mA	mB	DeltaM	Rho (")	Theta (°)	Época	Nº Obs. WDS
23225+2555	ES 2727	6,34	12,9	6,56	20,7	268,4	2013,701	2
23241+0456	SCA 155	8	12	4,0	13,4	144,2	2013,726	2
23243+0343	STF 3009 AB	6,87	8,76	1,89	6,47	230,0	2013,726	50
23258+0331	HJ 985	11,31	12,8	1,49	15,6	102,4	2013,726	3
23264+0420	SCA 159	8,4	12,1	3,7	28,9	36,7	2013,726	2
23283+2346	POU 5812	9,51	11	1,49	7,5	160,0	2013,701	5
23299+2211	LDS 1068	10,57	13	2,43	9,6	313,2	2013,701	4
23300+2353	POU 5817	10,9	13,6	2,7	12,5	308,0	2013,701	2
23317+1956	WIR 1 AB	10,52	12,4	1,88	5,48	79,84	2012,705	53
23317+1956	LMP 24 AC	10,5	11,5	1,0	30,65	22,0	2012,705	4
23324+2159	HDS 3354	12,79	12,79	0,0	3,85	41,0	2013,701	4
23325+2200	HLM 41 AB	11,2	11,8	0,6	7,5	290,0	2013,701	7
23325+2200	HLM 41 AC	11,2	12,6	1,4	23,8	35,0	2013,701	6
23329+2223	ELS 6	11,5	11,5	0,0	6,28	4,39	2012,705	7
23377+1650	BUP 239 BC	11,3	13,2	1,9	25,8	233,5	2012,705	5
23412+0616	STF 3031	7,8	8,58	0,78	13,8	310,0	2013,726	39
23417+2226	HJ 991 AB	10,53	10,86	0,33	17,0	342,0	2012,705	8
23452+0814	STF 3035 AB	8,75	11,56	2,81	27,2	311,0	2013,726	8
23581+2420	STF 3048 AB	7,94	10,17	2,23	8,58	314,0	2012,705	42

Notas

El listado de *Notas* (tabla 5), toma los dos primeros campos de lista de medidas. En las notas, agrego el valor de Rho en unidades astronómicas (ua) en la medida en que la distancia de la componente A se conoce. Hay que aclarar que este campo se incluye solamente a título informativo. El valor dado es una media calculada usando el valor medio de los valores de Rho incluidos en WDS. Estos valores no se aplican a las dobles orbitales, ya que para ellas los periodos son conocidos: ya sea con un "grado 5", o cuando sus trayectorias describen elipses.

Las distancias han sido extraídas de las siguientes fuentes: catálogo *Hipparcos*, *BSC* o las bases de datos *Simbad* en Estrasburgo, Francia.

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS.

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
19039+3409	BU 1285 AB	HIP 93 621	15978
19088+3446	STF 2470	A es HIP 94 043 * B es HIP 94 039	5483
19091+3436	STF 2474 AB	A es HIP 94 076 * B es HIP 94 075	797,838
19142+3413	STT 366 AB	A es HIP 94 519	11869
19142+3413	WAL 106 AD	A es ADS 12211 A	12969
19142+3413	ES 2675 AC	A es ADS 12211 A / HIP 94519 * C es HIP 95 517	14367,813
19142+3413	ES 2675 CD	C es ADS 12211 C / HIP 95 517	6377,245
19143+6754	STF 2508	A es HIP 94 527	
19145+3434	STT 367 A,BC	A es HIP 94 540	2306,279

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
19145+3434	HO 648 AD	A es HIP 94 540	1308,467
19168+6742	STF 2514 AB	A es ADS 12303 A / UCAC4-789-029342	
19199+3532	FYM 179 AD	A es HIP 95 001	5924,638
19199+3532	STF 2505 AB	A es HIP 95 001	4929,661
19199+3532	FYM 179 AE	A es HIP 95 001	6634,69
19260+3555	BU 1286 AB	A es BD+35 3613A	
19260+3555	BU 1286 AC	A es BD+35 3613B * ¿Error en theta para 2008?	
19260+3555	BU 1286 BC	B es BD+35 3613B	
19260+3555	BU 1286 BD	B es BD+35 3613B	
19277+3632	STF 2534	A es ADS 12478 AB / HIP 95 679 // 1,1mas	3152,269
19291+2438	POU 3854 AC	A es TYC 2129-174-1	
19306+2817	BU 651 AB	A es TYC 2137-1457-1	
19312+6319	STF 2549 DC	D es ADS 12 586D * HIP 95 986 * // 4,23 mas	6863,888
19312+6319	STF 2549 AC	A es HIP 95 986 * ADS 12 586A	6071,901
19315+2808	ES 485	A es TYC 2137-2579-1	
19333+2629	COU 1029 BD	A es HD 335 525 / UCAC4-583-087382	
19350+2518	POU 3933	A es UCAC4-577-088923	
19349+2525	J 2982	A es UCAC4-578-091809	
19351+2526	J 2983	A es UCAC4-578-091897 * B es UCAC4-578-091895	
19352+2501	POU 3940	A es BD+24 3790 / UCAC4-576-090722	
19359+2859	SLE 645	A es BD+28 3406 / UCAC4-595-085824	
19363+3540	STT 377 AB,C	A y B son TYC 2667-274-1 / TYC 2667-274-2	
19363+3540	STT 377 BC	B es TYC 2667-274-1 / BD+35 3703	
19363+3540	FYM 180 CD	A es TYC 2667-274-1 / UCAC4-629-073421 * D es UCAC4-629-073425, mV12,86	
19363+2640	FYM 70 AC	A es HIP 96 436 * C es UCAC4-584-088166	10709
19365+2502	FYM 82 AF	A es UCAC4-576-091155 * F es UCAC4-576-091148	
19365+2502	FYM 82 AE	A es BD+24 3801 * E es UCAC4-576-091149 * mV 15,76	
19370+0911	J 171	A es TYC 1056-1528-1	
19370+2057	HDS 2781	A es HIP 96 493	
19394+2942	SLE 658	A es TYC 2150-2710-1	
19394+3029	FYM 175 AE	A es TYC 2150-2710-1 * E es UCAC4-603-088786 * mV 14,72	3260
19394+3029	SLE 659 AB	A es TYC 2150-2710-1	
19394+3029	SLE 659 AC	A es TYC 2150-2710-1	
19394+3029	FYM 175 EF	E es UCAC4-603-088786 * E es UCAC4-603-088789 * mV15,89	
19399+2402	POU 3997	A es HD 344 685	
19399+2402	FYM 204 AC	A es TYC 2138-1366-1 / HD 344 685 * C es UCAC4-571-094110 * mV 14,59	
19399+2402	FYM 204 BE	A es TYC 2138-1366-1 * E es UCAC4-571-094135 * mV 15,20	
19399+2402	FYM 204 AF	A es TYC 2138-1366-1 * F es UCAC4-571-094121 * mV 15,95	
19399+2402	FYM 204 AG	A es HD 344 685 * G no se encuentra en UCAC4	
19407+2343	FYM 77 AG	A es HIP 96 801 / BD+23 3733 * G es UCAC4-569-092235 * mV 14,52	4772,893
19407+2343	FYM 77 AI	A es HIP 96 801 / BD+23 3733* I es UCAC4-569-092223 * mV 15,07	6401,292
19407+2343	FYM 103 CD	C es TYC 2189-1450-1 / UCAC4-567-121257 * D es UCAC4-567-121262 * mV 14,77 * B-V 0,75	
19423+2322	POU 4017	A es UCAC4-567-098157	
19432+2318	FYM 83 GL	A es BD+22 3782 / TYC2139-02396-1	
19432+2318	FYM 83 AM	A es BD+22 3782 / TYC2139-02396-1	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
19433+2320	POU 4032	A es UCAC4-567-089456 * mV 12,26	
19434+2318	POU 4034	A es UCAC4-567-089482 * mV 12,53	
19452+2055	STF 2577 AB	A es TYC 1627-3095-1	
19502+0749	J 3015 AC	A es V694 Aql * Binaria eclipsante tipo Algol * C es UCAC4-490-118723	
19501+2311	CHE 156	A es TYC 2140-2083-1	
19508+0852	DAL 27 AD	A es TYC 1058-3399-1	
19524+0853	BRT 2611	A es TYC 1058-2140-1	
19527+0820	AG 241	A es TYC 1058-3042-1	
19547+0708	BU 659	A es HIP 97 970	1102,034
19550+0441	BAL 2954 AB	A es TYC 489-967-1	
19553+0539	J 543	A es ADS 13114	
19563+3505	FYM 181 CE	A es HIP 98 110 / Eta Cyg	354,951
19575+2018	BU 425 AC	A es HIP 98 216	
19575+2018	BU 425 AD	A es HIP 98 216	
19579+2032	BU 981 AC	A es HIP 98 255	11586
19584+2859	ES 495 BC	B es UCAC4-595-105113, mV 12,14 * C es UCAC4-595-105110, mV 12,49	23935
19584+2859	FYM 73 BD	B es BD+20 4357B * D es UCAC4-595- 105126 * mV 14,44	94689
19584+0852	J 818 AC	A es ADS 13185 A * C es UCAC4-495- 121833 * mV 10,86	
19584+0852	FYM 186 BD	A es ADS 13185 A * D es UCAC4-495- 121838 * mV 14,04 * B-V 0,00	
19591+0849	J 3038	A es UCAC4-495-122108 * mV 12,44 * B-V 0,93	
20000+2446	POU 4175	A es TYC 2145-396-1	
20003+2446	POU 4181	A es UCAC4-574-099514 * mV 12,62	
20010+0853	J 3041 AB	A es TYC 1071-1234-1 / UCAC4-495-123044 * mV 12,04 * B-V 0,63	
20010+0853	J 3041 BC	B es UCAC4-495-123037 * mV 12,37 * C es UCAC4-495-123051	
20020+0910	J 3044		
20024+3519	FYM 84 AS	A es ADS 13292 A * B2 II * type Be * S es UCAC4-627-089102 * mV 14,93	
20024+3519	ES 202 BN	A es ADS 13292 A / HD 227 247	
20060+3547	DOO 78 FH	F es TYC 2682-949-1	
20063+3535	BKO 83 GH	G es UCAC4-628-092007 * mV 12,39 * B-V 0,38	
20063+3535	BKO 83 EF	E es TYC 2679-143-1 * A3	
20099+2055	STF 2637 AB	A es HIP 99 352	411,585
20101+0827	STF 2635 AB	A es HIP 99 367	438,989
20120+2100	HJ 907 AB	A es TYC 1630-880-1	
20131+3209	FAY 76 BD	B es UCAC4-611-099156 * Doble con SEI 1008 * D es UCAC4-611-099159	725,94
20138+2021	HJ 2941	A es ADS 13546 A * F8	
20145+3648	FYM 105 AH	A es HIP 99 770	
20145+3648	FYM 105 AF	A es HIP 99 770 * F es UCAC4-635-092943 * mV 12,38	
20146+3522	SEI 1040	A es UCAC4-627-093800	
20156+1958	ROE 101 AB	A es BD+19 4342 A	
20156+1958	ROE 101 AD	A es BD+19 4342 A	
20156+0749	STF 2656	A es HIP 99 860	1119,142

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
20177+2025	J 2308 BC	A es HD 193079	
20178+0612	AG 251 AB	A es ADS 13644 A	
20183+2539	BU 985 CD	A es UCAC4-579-096337 * D es UCAC4-579-096342 * mV 13,85	
20183+2002	HJ 912 AB	A es TYC 1639-531-1 * B es TYC 1639-422-1	
20188+3507	FYM 178 AB,E	A es ADS 13681 AB * E es UCAC4-626-095357 * mV 13,96	
20188+3507	FYM 178 AB,F	A es ADS 13681 AB * F es UCAC4-626-095346 * mV 14,02	
20209+1948	HJ 2954 BC	A es BD+19 4375 * Segunda medida	
20232+3542	HJ 1506 AC	A es HIP 100 540 * C es UCAC4-629-095789 * mV 11,67 * B-V 0,50	2949,913
20232+3542	FYM 177 CF	C es UCAC4-629-095789 * mV 11,67 * B-V 0,50 * F es UCAC4-629-095791 * mV 15,35	763,507
20232+3542	HJ 1506 AB	A es HD 194 208 / HIP 100540 * B es UCAC4-629-095790	663,73
20232+3542	FYM 177 AD	A es HD 194 208 * D es UCAC4-629-095803 * mV 14,22 * B-V 1,28	2516,102
20235+3540	SEI 1109	A es UCAC4-629-095855 * mV 11,62 * B es UCAC4-629-095859 * mV 11,98	
20235+3540	FYM 176 BC	B es UCAC4-629-095859 * C es UCAC4-629-095860 * mV 11,98	
20238+3830	BKO 153 BE	B es UCAC4-643-094129 * mV 12,12 * E es UCAC4-643-094124 * mV 14,08	
20238+3830	BKO 153 BF	B es UCAC4-643-094129 * mV 12,12 * F es UCAC4-643-094127 * mV 14,02	
20238+3830	BKO 153 BG	B es UCAC4-643-094129 * mV 12,12 * G es UCAC4-643-094134 * mV 14,25	
20238+3830	FYM 128 BH	B es UCAC4-643-094129 * mV 12,12 * H es UCAC4-643-094144 * mV 14,41	
20238+3830	FYM 128 BI	B es UCAC4-643-094129 * mV 12,12 * I es UCAC4-643-094144 * mV 14,41	
20244+1935	STF 2679 AB	A es HIP 100 638	5244,567
20257+4004	TOR 25 AB	A es UCAC4-651-091492 * mV 8,73 * B-V 0,58	
20263+1743	HJ 2962	A es HD 352 290 * K0	
20297+3808	STF 2691	A es HIP 101 109 * Estrella de calibración para cámara CCD * B9 - IV	2308,745
20300+3832	SMA 117	A es BD+38 4119	
20302+1925	FOX 254 CD	C es HIP 101 143 * D es ADS 13921 D	16646
20302+1925	FOX 254 AE	A es HIP 101 154	7937,206
20317+3831	ES 246 AC	A es TYC 3153-1233-1	
20394+0029	FYM 187 CD	C es UCAC4-453-115989 * mV 12,41 * D es CAC4-453-115992 * mV 14,34	1411,147
20394+0029	FYM 187 AE	A es TYC 511-1136-1 / 1 Aqr * E es UCAC4-453-115988 * mV 15,85	2639,34
20393+2003	J 3103	A es TYC 1641-967-1	
20434+2536	HO 138 CD	A es HIP 102 278 * K5 III * incluye las componentes CCDM J20434+2537AB	1159,868
20434+1604	HJ 1564	A es TYC 1634-1102-1	
20436+1944	STF 2722	A es HIP 102 295	1406,453
20436+1537	J 3108	A es TYC 1634-1310-1	
20445+0029	BAL 1219	A es BD-00 4080	
20462+1554	STF 2725 AB	A es HIP 102 490	194,931
20466+1532	J 3110	A es TYC 1634-2033-1	
20467+1607	STF 2727	A es HIP 102 532 * B es Hip 102531 a solo 101,6 años luz * Var V0640 Mon	317,978
20490+1551	OL 219	A es TYC 1647-2309-1	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
20520+1422	BRT 1956	A es UCAC4-522-133631 * Atención: según coordenadas de UCAC4	
20527+1528	HJ 1585	A es TYC 1647-1055-1 / UCAC4-528-142179	
20541+1402	J 846	A es ADS 14405	
20553+3214	GYL 42	A es TYC 2692-2779-1	
20555+1730	J 3328	A es TYC 1651-1195-1 / UCAC4-538-140721 * mV 11,35	
20572+0028	BU 1496 AC	A es HIP 103 414	3401,619
20572+0028	HWE 55 AB	A es HIP 103 414	2591,477
20577+1402	A 1685 AC	A es TYC 1115-854-1	
20585+1607	J 3118	A es TYC 1648-1740-1	
20585+1626	STF 2738 AB	A es HIP 103 537 * Estrella para calibración de la cámara	9080,823
20589+1741	BRT 2487	A es TYC 1652-716-1	
20593+1744	J 1716	A es UCAC4-539-139254 * mV 11,47 * B-V 0,00	
20593+1534	STT 424 AC	A es HIP 103 548	11942
21007+3353	OSO 138 AI	A es HIP 103 691 * I es UCAC4-620-11410 * mV 13,07	
21007+3353	BUP 222 AD	A es HIP 103 691 * D es UCAC4-620-114084 * mV 13,30	
21007+3353	FYM 196 AN	A es HIP 103 691 * N es UCAC4-620-114102 * mV 14,86	
21007+3353	FYM 196 AO	A es HIP 103 691 * O es UCAC4-620-114091 * mV 13,94	
21033+1259	HJ 272	A es BD+12 4536	
21039+0106	BAL 1223	A es TYC 526-1458-1	
21047+1303	BRT 1350	A es TYC 1112-1943-1	
21071+1153	HJ 274 AB	A es TYC 1112-1514-1	
21072+1524	HJ 275	A es HIP 104 241	1879,06
21075-0010	STF 2755	A es HIP 104 279 / GCVS IV Aqr * M3 III * B-V 1,55	8686,221
21097+1434	OL 132	A es UCAC4-523-142773 * mV 11,91 * B-V 1,10	
21094+1721	STF 2763 BC	A es HD 201 479 * Ed > Error S? ... Rho a 47° es STF 2763 CBI NO es BC	
21094+1721	STF 2763 AB	A es HD 201 479 * F8 * B es TYC 1653-141-1 * mV 10,88	
21105+2227	STF 2769 AB	A es Hip 104536 * mV 7,70, * A4 - V	11081,413
21109+1615	SMA 133	A es HD 201 705	
21116-0118	BAL 621	A es HIP 104 616 / UCAC4-444-126205 * mV 8,34 * B es UCAC4-444-126207 * mV 9,12	1368,696
21116-0118	FYM 189 AC	A es HIP 104 616 * C es UCAC4-444-126208 * mV 14,95 * Primera observación	1502,286
21122+1511	SMA 138	A es TYC 1605-1851-1	
21123-0142	BAL 263 AB	A es TYC 5193-725-1 / UCAC4-442-123527 * mV 12,49	
21123-0142	LYS 37 AC	A es TYC 5193-725-1 * C es UCAC4-442-123529 * mV 13,42	
21123-0142	FYM 190 AD	A es TYC 5193-725-1 * C es UCAC4-442-123528 * mV 15,32	
21124+1432	HJ 1619 CD	A es TYC 1617-1011-1	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
21124+1432	SHT 36 AE	A es ADS 14742 A * E es UCAC4-523-143133 * mV 14,75	
21124+1432	SHT 36 AF	A es ADS 14742 A * F es UCAC4-523-143135 * mV 14,80	
21132+1500	SMA 139 AB	A es TYC 1650-2071-1	
21132+1500	SMA 139 AC	A es TYC 1650-2071-1	
21168+1337	J 578	A es ADS 14809	
21177+1417	J 3133	UCAC4-522-136906 * mV 12,29 * B-V 0,92	
21184+1233	BRT 1352	A es TYC 1113-703-1 / UCAC4-513-136815 * mV 10,97 * B-V 0,57	
21185+4747	HJ 1635 AB	A es TYC 3593-04167-1	
21187+1417	J 1785	A es TYC 1117-1377-1	
21186+6235	BU 1502 B,CD	A es Alp Cep / Alderamin, Tyc4252-01354-1 * mV 11,36	312,531
21220+2350	COU 132	A es HIP 105 489	4997,5
21223+2449	POU 5353 AB	A es TYC 2191-676-1 / UCAC4-575-125627	
21241+2519	BU 447 AB	A es HIP 105 660	1678,335
21242+1237	FYM 182 AC	A es UCAC4-514-134354 * mV 86,65 * C es UCAC4-514-134355 * mV 15,35	4640
21242+1237	HJ 282	A es BDS 10956 A * B es UCAC4-514-134359 * mV 13,22 * B-V 0,00	
21251+0923	STF 2793 AB,C	A es HIP 105 747	4094,43
21251+2401	POU 5363	A es TYC 2187-267-1	
21254+1121	A 887 AC	A es HIP 105 784	3329,238
21287+7034	STF 2806 AB	A es ADS 15032 A / ALFIRK * Beta Cep es-trella variable	2507,87
21344+1127	BU 273	A es ADS 15091 A * K2	
21345+0930	STF 3112	A es HIP 106 519	584,523
21345+0930	FYM 191 AC	A es HIP 106 519	1756,987
21364+0753	HJ 938	A es HIP 106 677	2117,721
21376-0023	STF 2809	A es HIP 106 758 * A2 V * // 8,86 mas * B es TYC 5209-1332-1	3769,508
21376-0023	FYM 184 AC	A es HIP 106 758 * C es UCAC4-449-132979 * mV 13,84 * B-V 0,60	4612,607
21391+6846	MLB 305	A es BD+68 1236	
21395-0003	BU 1212 AB,C	A es HIP 116 942	1743,615
21424+0027	STF 2817 AB	A es HD 206 488	
21424+0027	AOT 107 AC	A es HD 206 488	
21424+0027	AOT 107 BC	A es HD 206 488	
21462+0536	HJ 3057	A es TYC 552-1187-1	
21466-0127	J 615	A es ADS 15309	
21491+6648	STF 2836 AB	A es HIP 107 710 * F3 IV	1195,159
21498+6802	MLB 1094	A es TYC 4462-419-1	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
21513+0821	STF 2831	A es HIP 107 868	788,655
21518+6453	STF 2844	A es HIP 107 914	2000,688
21519+0905	STF 2833	A es HIP 107 925	883,674
21521+0739	OSO 158 AC	A es G 93-47 * Estrella de alto movimiento propio	
21540+1553	HJ 288	A es TYC 1679-831-1	
21546-0318	STF 2838	A es HIP 108 144	1302,484
21565+0715	HJ 3069 AB,C	A es ADS 15464 AB * F8	
21567+1607	STT 455	A es HIP 108 319	950,563
21576+0501	HJ 3073	A es HIP 108 395 * mV 9,03	
21580+0556	STF 2848	A es HIP 108 439	1217,573
22015+0310	J 1726	A es UCAC4-466-134313 * B es UCAC4-466-134314 * Ambas tienen la misma mV = 9,88 in UCAC4	
22015+0313	BAL 2061	A es BD+02 4462	
22017+0233	HJ 3080	A es BD+01 4572 * K0	
22019+0446	STTA 228 AC	A es HIP 105 761 * G5 V * // 20,12 mas	898,681
22032+0157	ARG 96	A es UCAC4-460-126894 * mV 9,78 * B-V 0,68	
22038+6438	STF 2863 AB	A es 17 Cep / Xi Cep * La primaria es binaria astrométrica y espectroscópica	334,973
22052+4403	HJ 1723 AB	A es HIP 103 020 / V396 Lac	6339,585
22052+4403	HJ 1723 AC	A es HIP 103 020 / TYC 3605-1555-1 * V396 Lac	7328,49
22053-0125	STF 2855 AB	A es HIP 109 038	3053,06
22068+1505	HJ 1726	A es BDS 11495 A	
22073+1509	HJ 1727	A es BDS 11498 A	
22080+6405	HJ 1739	A es HIP 109 263	
22110+6324	FYM 192 AD	A es HIP 109 505 * D es UCAC4-768-064174 * mV 12,98 * Primera observación	27678
22110+6324	STF 2879 AC	A es HIP 109 505 * V0447 Cep, componentes TYC 4267-251-1 / 2	27918
22185+6313	STF 2896	A es HIP 110125 * La secundaria, Hip110119 mV 8,57, se localiza a 393 años luz * B8 - V	7389,542
22189+6318	FYM 193 AC	A es TYC 4268-106-1* C es UCAC4-767-065531 * mV 12,76	
22189+6318	STI 1105	A es UCAC4-767-065528 * B es UCAC4-767-065526 * mV 11,71	
22189+6318	FYM 193 AD	A es TYC 4268-106-1 * D es UCAC4-767-065527 * mV 14,50	
22192+6355	HJ 1754 AB	A es ADS 15 839 A	
22205+0547	HJ 962 AC	A es HIP 110 298 / 30 Peg	3364,514
22217-0123	HJ 3106	A es HIP 110 395	2077
22226+0628	STF 2899 AB	A es HIP 110 465	1967,319
22239+6254	STI 1107	A es TYC 4268-510-1	
22256+6349	STI 1108	A es TYC 4272-25-1	

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
22282+1716	STF 2908	A es HIP 110 909	3940,76
22324+3947	ROE 47 DE	A es HIP 115 259 * // 4,77 * A6 V	
22324+3947	FYM 109 AF	A es HIP 111 259 * F es UCAC4-649-110648 * mV 14,11 * B-V 0,00 * No está aquí UCAC4-649-110645	
22324+3947	FYM 109 AG	A es HIP 111 259 * G es UCAC4-649-110638 * mV 14,65	
22362+0010	STF 2921 AB	A es HD 214 129 * KO IV	
22374+0014	J 919	A es ADS 16115 AB * Alto movimiento propio	
22421+0012	SCA 128 AB	A es TYC 568-1856-1	
22421+0012	SCA 128 AC	A es TYC 568-1856-1	
22428+6307	MLB 180 AB	A es TYC 4269-228-1	
22430+0113	STF 2936	A es HIP 112 163 * A6 III	284,55
22516-0149	RST 4711	A es HIP 112880 / HD 216 261	1555,042
22520+4319	BU 451 AB	A es HIP 112 917 / 15 Lac * IC = 1,559	2647,324
22533+6209	ES 142	A es HIP 113 017 * Var IL Cep * B 2 Vne	
22571-0315	STF 2959 AB	A es HIP 113 331 * IC = 0,218	1088,741
22571-0315	BU 713 AC	A es HIP 113 331	1869,813
22571-0315	BU 713 BC	A es HIP 113 331	875,412
22597-0422	STF 2964	A es HIP 113 537 * IC = 0,496	1232,95
23039+6052	HJ 1845 AC	A es ADS 16488 A / BD+60 2474	
23054+5453	HJ 3172	A es TYC 3989-00756-1	
23067-0412	HJ 978	A es HIP 114 120	
23075+3250	STF 2978	A es HIP 114 187 * IC = 0,137	1282,491
23079+3128	BU 78 AB	A es HIP 114 224	1328,775
23144+3147	HJ 983 AB	A es TYC 2751-00015-1	
23144+3147	HJ 983 AC	A es TYC 2751-00015-1 * segunda medición * Probable mVT de C es más 14,5	
23147+2931	MLB 504	A es TYC 2248-01456-1	
23159+2729	HJ 1862	A es BD+26 04589	
23166-0135	STF 2995	A es HIP 114 914 * Estrella WPS (con sistema planetario)	267,626
23176-0131	BU 79 AC	A es HIP 115 012	883,536
23188+0510	STF 2999 BC	B es TYC 0583-00130-1 * C es TYC0583-01459-1	
23192+1327	HJ 307	A es TYC 1168-01320-1	
23195+1326	HJ 309	A es BD+12 4971 / BDS 12297 A	
23215+2457	STF 3005	A es HIP 115 326	2933
23225+2555	ES 2727	A es HIP 115 389	6735,041
23241+0456	SCA 155	A es HIP 115 524	2457,181

(Continúa en la página siguiente)

TABLA 5. NOTAS RELATIVAS A LOS PARES OBSERVADOS Y MEDIDOS (CONT.).

ID. WDS	NOMBRE	NOTAS	RHO (UA)
23243+0343	STF 3009 AB	A es HIP 115 544 / HD 220 512	1228,246
23258+0331	HJ 985	A es TYC 0581-01235-1	
23264+0420	SCA 159	A es HIP 115 692	6947,142
23283+2346	POU 5812	A es TYC 2250-01311-1	
23299+2211	LDS 1068	A es TYC 1726-00205-1	
23300+2353	POU 5817	A es TYC 2250-01706-1	
23317+1956	WIR 1 AB	A es HIP 116132 * EQ Peg A * Flare Star * Masa oficial de GSU	28,038
23317+1956	LMP 24 AC	A es HIP 116132 * EQ Peg A * Flare Star	248,689
23324+2159	HDS 3354	A es HIP 116 175	
23325+2200	HLM 41 AB	A es TYC 1726-606-1	
23325+2200	HLM 41 AC	A es TYC 1726-606-1	
23329+2223	ELS 6	A es UCAC4-561-142476 * mV 11,08 * B-V 0,72 * B es UCAC4-561-142477 * ¿puede ser DAM 252?	
23377+1650	BUP 239 BC	A es HIP 116 592	2869,245
23412+0616	STF 3031	A es HD 222 502	
23417+2226	HJ 991 AB	A es BD+21 4973	
23452+0814	STF 3035 AB	A es HIP 117 163	
23581+2420	STF 3048 AB	A es TYC 2253-00220-1 * B es TYC 2253- 02492-1	

Observación de estrellas dobles olvidadas: 5ª serie.

Neglected Double Stars Observations: 5th series.

Lluís Ribé de Pont

- Agrupación Astronómica de Sabadell (AAS).
- Correo-e: luisribedepont@gmail.com

En este artículo presentamos las medidas de 50 estrellas dobles abandonadas, extraídas del WDS, realizadas desde una zona urbana cercana a Barcelona.

We present measurements of 50 neglected stars, extracted from the WDS. They are made from an urban area near Barcelona.

Introducción

EN CUATRO ANTERIORES ARTÍCULOS (Ribé, 2012) [1], (Ribé, 2013a) [2], (Ribé, 2013b) [3] y (Ribé 2014) [4] se presentaban los resultados de medidas de estrellas dobles realizados desde el Observatorio Viamar (MPC 84), situado en la azotea de mi domicilio en Badalona (Barcelona).

Ahora presentamos las medidas de 50 estrellas dobles abandonadas a partir de imágenes CCD tomadas entre los meses de diciembre de 2013 y marzo de 2014. Se trata de estrellas pocas veces observadas, recogidas en el elenco de *neglecteds* del WDS [5].

En primer lugar se ha realizado un filtrado con la base de datos de estrellas abandonadas, siguiendo los criterios de que la última medida fuera anterior a 1975, con una separación mayor a 6" y una magnitud en la secundaria menor o igual a 13. A continuación hemos intentado localizar estas estrellas sobre imágenes de catálogo. De cada sistema y mediante Aladin [6] hemos obtenido imágenes (POSSI y POSSII) con el fin de identificarlas en las coordenadas indicadas por el WDS.

Se ha utilizado un telescopio Schmidt-Cassegrain *Celestron* de 203 mm, sobre una montura ecuatorial alemana computerizada CGEM de *Celestron*. La focal del sistema es de 2030 mm f/10.

Las imágenes han sido tomadas con una CCD monocroma Atik 16IC-S, que con un tamaño de píxel de 8,3 x 8,3 micras nos proporciona un campo de 10,7" x 8,3". Se ha trabajado a foco primario con una resolución de 0,91"/píxel.

Para cada par se han tomado 100 imágenes y 20 darks, utilizando para la captura el software Astroart 5.0 [7]. También hemos tomado 5 imágenes de 30" para hacer la reducción con *Astrometrica* [8]. Para gobernar el telescopio se ha hecho uso del programa The Sky6 Pro [9].

La reducción astrométrica ha sido realizada con el software *Astrometrica* desarrollado por Herbert Raab y el catálogo UCAC 3, que nos ha proporcionado la escala de placa y la orientación de las imágenes. Para trabajar con mayor precisión hemos usado la herramienta *ExcelCalculador_escala_Astrometrica_v2.0.xlsm*, diseñada por Francisco Rica, que permite obtener cuatro decimales en la escala de placa en lugar de dos como ofrece originariamente el programa. Con esos datos hemos podido hallar el ángulo y la separación de los pares con el software *Reduc* de Florent Losse [10].

Astrometría relativa

En la tabla 1 se listan los resultados obtenidos para cada uno de los 50 pares, así como algunos datos

complementarios en forma de notas.

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. Todas las imágenes están orientadas con el Norte arriba y el Este a la izquierda. En algunas imágenes se identifican los componentes con las respectivas letras siguiendo la norma habitual (A, B). 

Referencias

[1] Ribé de Pont, L., 2012, *Observación de 33 estrellas dobles olvidadas*, OED 9, 51-52.

[2] Ribé de Pont, L., 2013, *Observación de estrellas dobles olvidadas: 2ª serie*, OED 10, 64-69.

[3] Ribé de Pont, L., 2013, *Observación de estre-*

llas dobles olvidadas: 3ª serie, OED 11, 66-70.

[4] Ribé de Pont, L., 2014, *Observación de estrellas dobles olvidadas: 4ª serie*, OED 12, 35-42.

[5] The Washington Visual Double Star Catalog (WDS). <http://ad.usno.navy.mil/wds> Mason, B. D., Wycoff, G. L., Hartkppof, W. I., Douglas, G. G., Worley, C. E.

[6] Aladin. Centre de Données astronomiques de Strasbourg,

<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>.

[7] Astroart, <http://www.msb-astroart.com/>

[8] Raab, H., 1993-2011, Software *Astrometrica*. Disponible en: <http://xxx.astrometrica.at>

[9] Software Bisque, Inc. 912 12th Street Golden, Colorado, 80401-11141 USA.

<http://www.bisque.com>

[10] Reduc. Florent Losse.

<http://astrosurf.com/hfosaf/>

TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS.

ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	THETA	ERROR THETA	RHO	ERROR RHO	ÉPOCA	NOTAS
01017+5749	STI 1512		6,2	12,7	90,49	0,33	13,275	0,075	2014,063	
01581+3953	MLB 814		9,4	12,8	330,55	0,67	7,39	0,137	2014,101	
02500+3032	HJ 656	AC	6,7	12,7	184,07	0,5	13,769	0,1	2014,063	
02503+4529	ARG 54	BC	11,7	12,2	343,94	0,47	7,248	0,089	2014,063	
02507+5554	STF 307	AC	3,9	9,9	268,84	0,12	63,978	0,085	2014,063	
02507+5645	STI 1946		11,1	11,1	102,24	0,42	10,941	0,1	2014,063	
02516+1739	CHE 73		10,9	12	184,14	0,4	27,388	0,079	2014,063	
02537+3820	STF 318	AC	5,3	10	236,97	0,36	13,98	0,095	2014,063	
02539+3638	AL1 273		12,4	12,5	171,36	0,5	8,867	0,075	2014,063	
02543+5246	BU 1376	Aa-C	4,01	12,7	106,96	0,17	50,909	0,1	2014,063	
02555+0947	DOO 28		11,3	11,7	228,06	0,23	25,795	0,101	2014,063	
02566+4710	STF 324		6,1	11,6	203,73	0,32	25,431	0,086	2014,063	
02595+3753	HO 219	AD	8,2	11,6	188,01	0,14	50,307	0,084	2014,063	
03014+5955	STI 419		12,7	12,7	159,69	0,42	10,387	0,099	2014,063	
03043+5835	STI 1961		12,2	12,5	214,95	0,46	7,092	0,08	2014,063	1
03054+2515	STF 346	AB-E	5,46	12,3	191,9	0,11	133,50 8	0,093	2014,063	
03072+4306	A 1702	AC	9	13	111,35	0,44	18,11	0,083	2014,085	
03083+3101	HJ 331		11	12	309,35	0,47	18,187	0,099	2014,085	

(Continúa en la página siguiente)

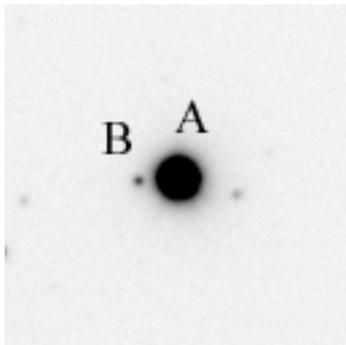
TABLA 1. ASTROMETRÍA RELATIVA DE LOS PARES OBSERVADOS (CONT.).

ID. WDS	DESC.	COMP.	MAG. A	MAG. B	THETA	ERROR THETA	RHO	ERROR RHO	ÉPOCA	NOTAS
03088+2339	POU 247		12,1	12,2	319,18	0,35	13,493	0,089	2014,085	2
03091+4937	BUP 38		4,05	12,4	125,32	0,05	154,37	0,095	2014,085	
03124+4744	BUP 40	AC	6,4	127	197,3	0,47	20,022	0,082	2014,085	
03143+4835	ES 2597		9,5	10,2	196,86	0,45	10,576	0,85	2014,101	
03158+0547	HJ 2182		9,5	11,5	101,98	0,36	23,726	0,078	2014,101	
03183+5157	HJ 2180		10,5	11,7	295,64	0,98	34,77	0,102	2014,101	
03207+1736	HJ 3246	Aa	10,2	11,9	225,01	0,31	9,288	0,068	2014,101	
03245+3332	BU 1377	AC	5,6	12,6	184,37	0,36	25,785	0,078	2014,178	
03276+5520	ES 875		10,5	11,6	305,59	0,2	10,465	0,08	2014,178	
03285+4857	ES 1136		9,8	12,1	352,95	0,45	9,591	0,08	2014,178	
03318+2513	POU 290		11,5	12,6	323,65	0,38	23,828	0,089	2014,178	
03334+2322	STT 57	CD	7,67	11,4	320,22	0,4	9,857	0,062	2014,178	
03345+5335	HJ 2192	AC	9	11,1	88,06	0,17	51,239	1,01	2014,178	
03356+4253	BUP 45	AB	7,4	12,7	216,1	0,17	45,375	0,092	2014,178	
03442+3710	ES 2560		10,5	12	285,93	0,46	9,006	0,082	2014,178	
03457+3908	MLB 16		9,5	12,4	308,88	0,45	15,11	0,085	2014,178	
04048+2612	COU 702		9,4	11,4	88,65	0,52	7,369	0,076	2014,178	
04062+5918	ES 55		8,5	12,9	263,19	0,44	10,003	0,056	2014,178	
04381+4207	STF 565	AD	7,2	11	44,77	0,1	69,298	0,09	2014,178	
04555+0503	BAL 2620		9,5	11	113,39	0,29	23,43	0,085	2014,178	
21217+2420	POU 5351		12,3	12,9	141,81	0,43	17,128	0,068	2013,97	
21240+2416	HJ 1641		5,71	10,5	297,96	0,24	62,557	0,084	2013,97	
21290+2211	HJ 1647	AC	6,2	10,7	128,15	0,15	38,796	0,082	2013,97	
21293+4512	ES 100	AC	9,6	12,2	331,47	0,17	29,913	0,091	2013,97	
21299+2338	BU 685		4,57	11,6	325,27	0,4	30,363	0,09	2013,97	
21323+3839	ALI 974		10,7	12,4	207,26	0,47	10,413	0,087	2013,97	
21377+3911	ALI 975		12,6	12,6	150,1	0,44	12,792	0,078	2013,97	
21423+4616	ES 1275	AB	8,4	12,8	1,45		72,63		2013,97	
21454+4356	HO 168	AD	8,6	12,8	19,6	0,36	28,317	0,087	2013,97	
21466+4713	HJ 1692		10,5	11,5	229,24	0,46	8,975	0,079	2013,97	
21478+5743	FOX 263		10	10,4	298,58	0,41	16,714	0,082	2013,97	
21519+4221	HO 172	AC	7,86	12,3	39,66	0,13	89,746	0,085	2013,97	

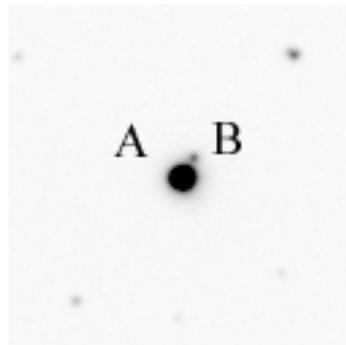
Notas

1. El par está situado en las coordenadas 03 04 16,24 +58 33 47,1.
2. En nuestra imagen la estrella secundaria es más brillante que la primaria.

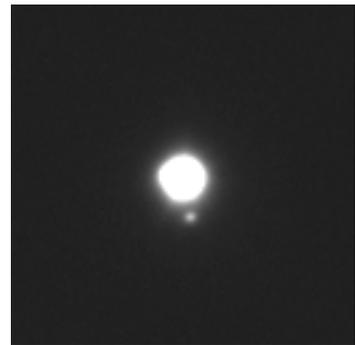
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



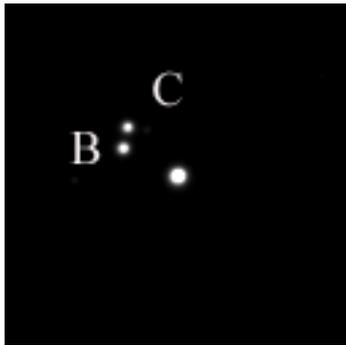
STI 512



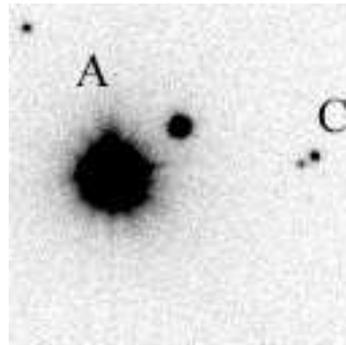
MLB 814



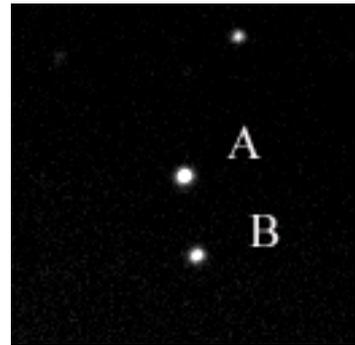
HJ 656



ARG 54 BC



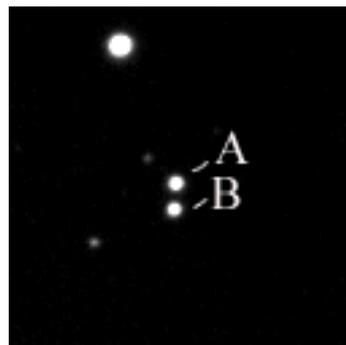
STF 307 AC



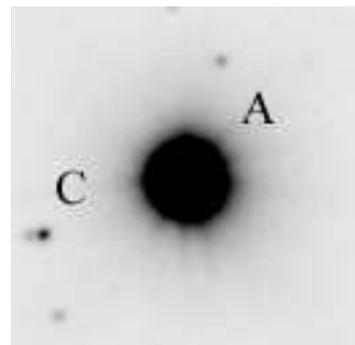
CHE 73



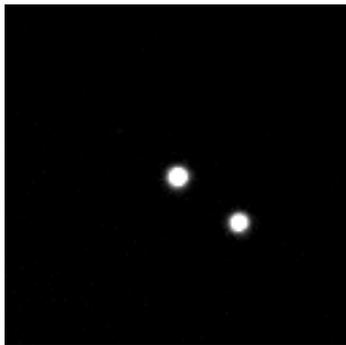
STF 318 AC



ALI 273



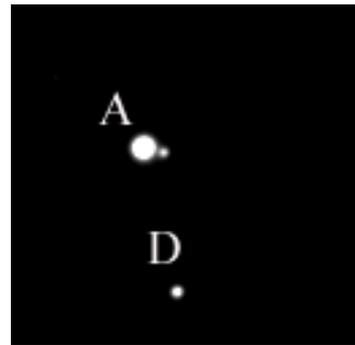
BU 1376 Aa-C



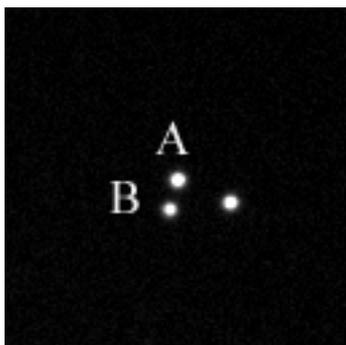
DOO 28



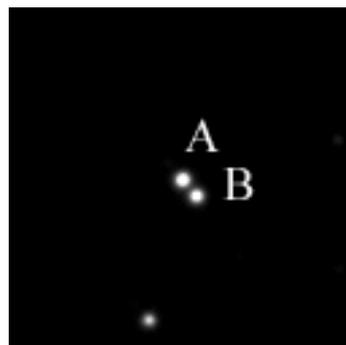
STF 324



HO 219 AD

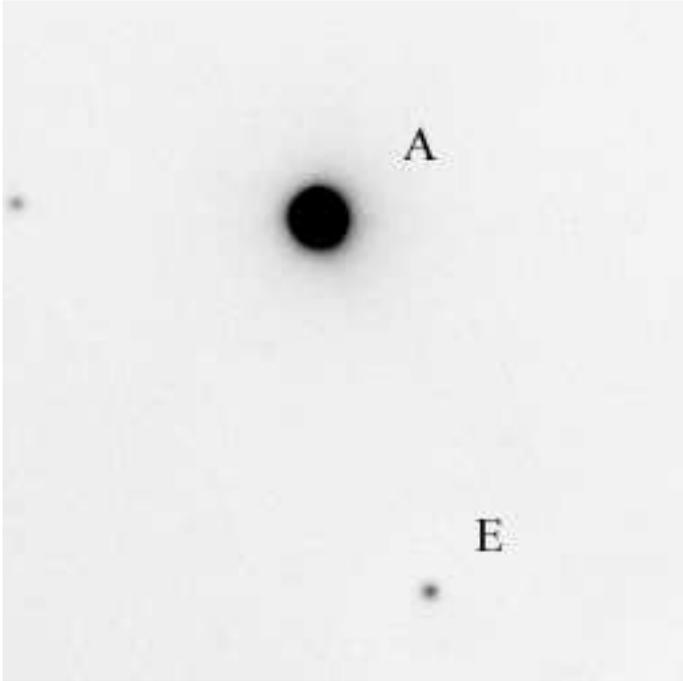


STI 419

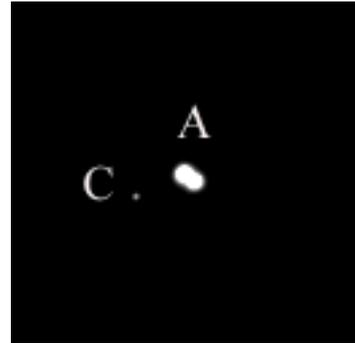


STI 1961

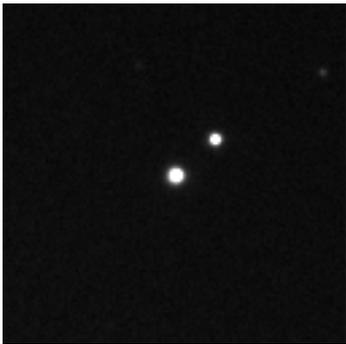
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.).



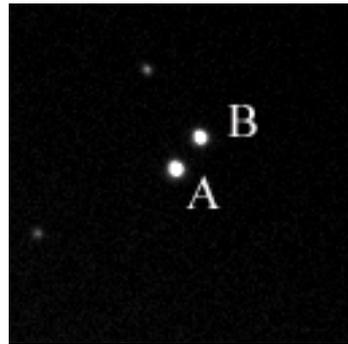
STF 346 AB-E



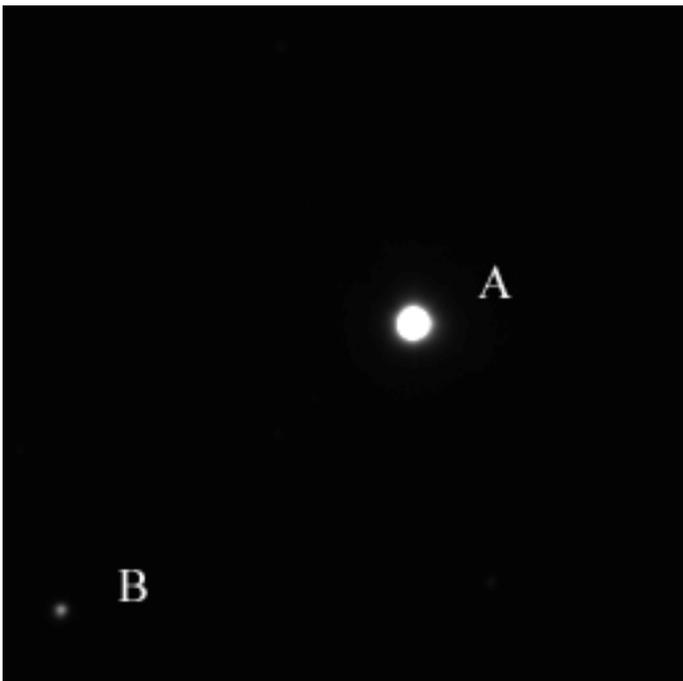
A 1702 AC



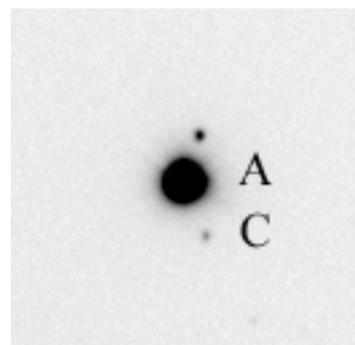
HJ 331



POU 247



BUP 38



BUP 40 AC

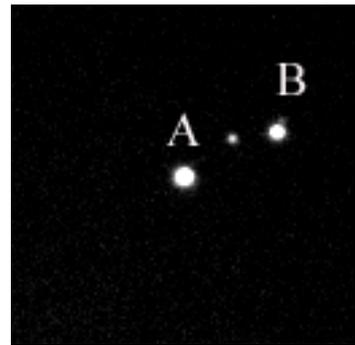
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.).



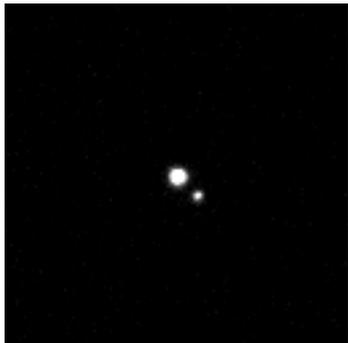
ES 2597



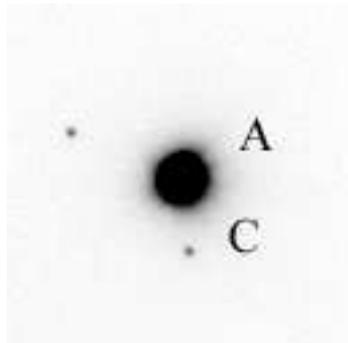
HJ 2182



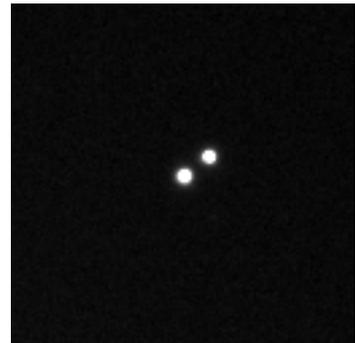
HJ 2180



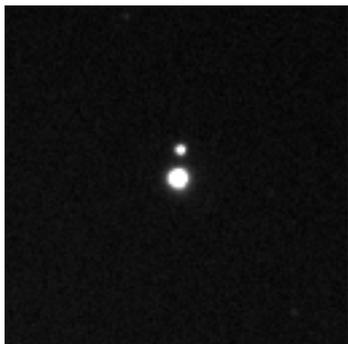
HJ 3246 Aa



BU 1377 AC



ES 875



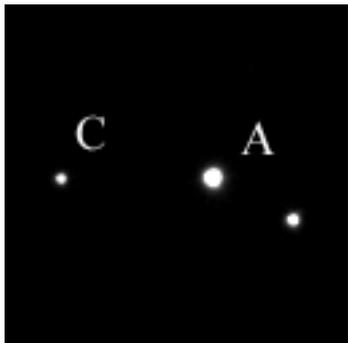
ES 1136



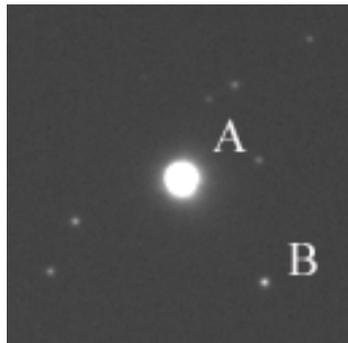
POU 290



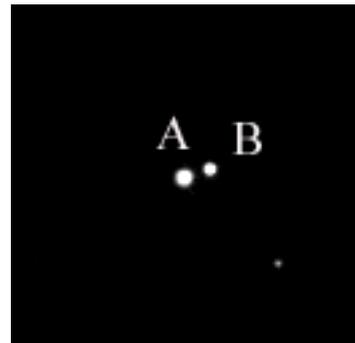
STT 57 CD



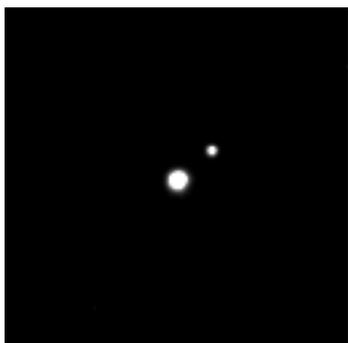
HJ 2192 AC



BUP 45 AB



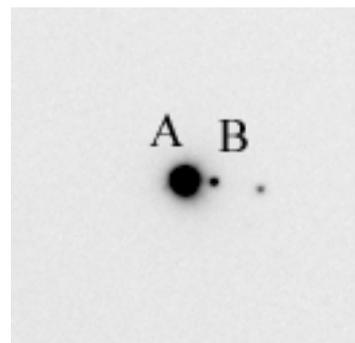
ES 2560



MLB 16

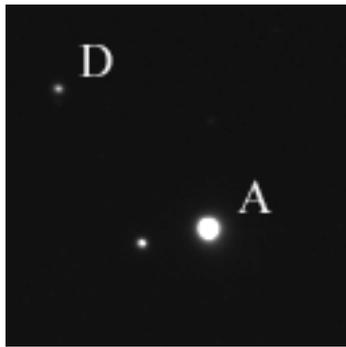


COU 702

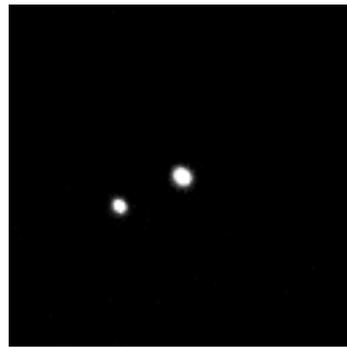


ES 55

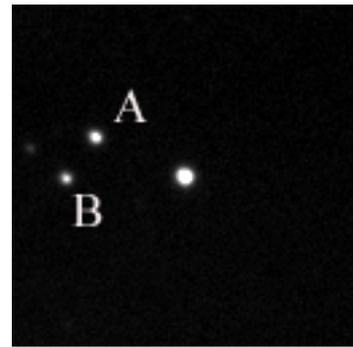
TABLA 2. ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.).



STF 565 AD



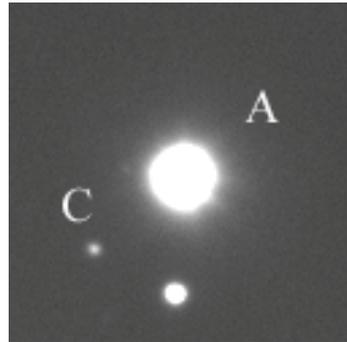
BAL 2620



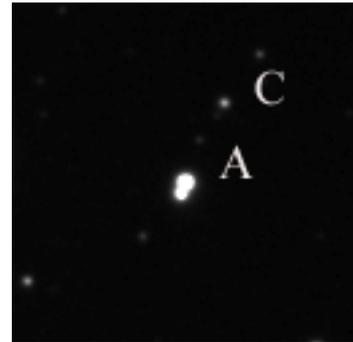
POU 5351



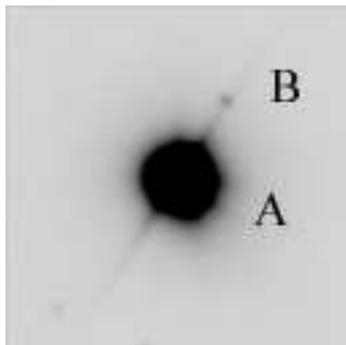
HJ 1641



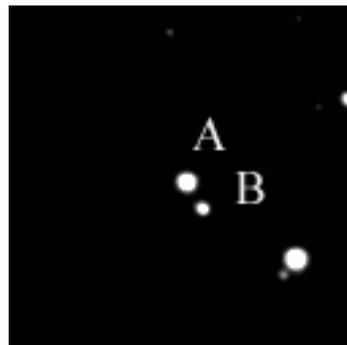
HJ 1647 AC



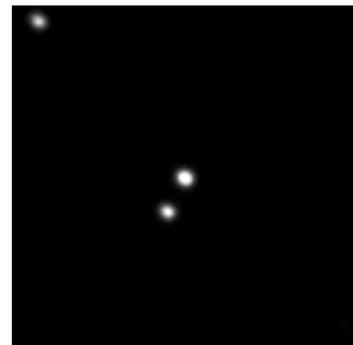
ES 100 AC



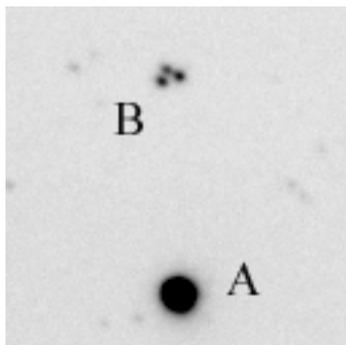
BU 685



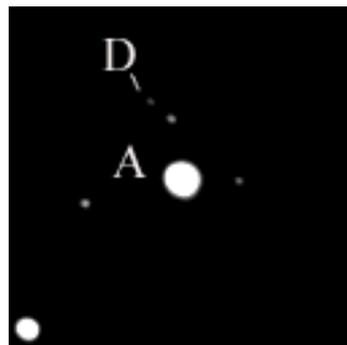
ALI 974



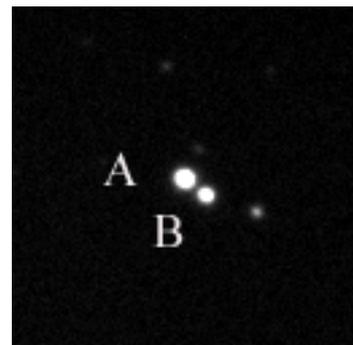
ALI 975



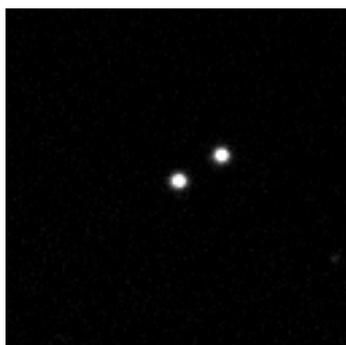
ES 1275 AB



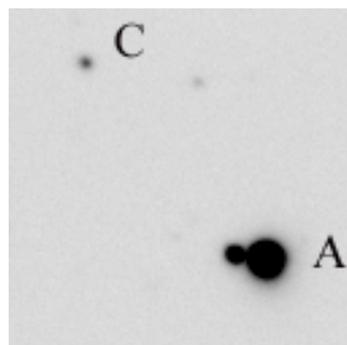
HO 168 AD



HJ 1692



FOX 263



HO 172 AC

Una observación especial: medición de STF1110 (Cástor, α Gem) entre 2009 y 2014.

A very special observation: measurement of STF1110 (Castor) between 2009 and 2014.

Ramón Palomeque Messía

- Agrupación Astronómica Hubble, Grupo de Amigos de la Astronomía de Jaén.
- Correo-e: tacometro1@hotmail.com

Descripción de una excitante sesión de observación y medición del sistema STF 1110 usando dos técnicas sencillas y aproximativas en visual y finalmente medición con captura de vídeo y uso de Reduc.

A description of an exciting session of observation and measurement of STF 1110 system using two easier and approximate techniques in visual mode and finally measurement with video capture and use of Reduc.

HACE CINCO AÑOS, el 16 de febrero de 2009, recién iniciado en el maravilloso mundo de las dobles, me propuse como ambicioso objetivo a corto plazo realizar una medida de STF 1110, Castor. Digo ambicioso porque por entonces la tarea presentaba aparentemente numerosas dificultades técnicas para un inexperto en todo lo referente a la medición de estrellas dobles.

Visualmente se trata de un sistema cuádruple, que con unos aumentos adecuados se desdobra fácilmente y es un disfrute para la vista. Pero fotografiar la pareja era otra cuestión: la principal, de altísimo brillo, se “comía” a la secundaria que, aunque también fuera brillante, por su cercanía quedaba deslumbrada; se hacía difícil obtener imágenes no quemadas que fueran aptas para ser reducidas y obtener datos de interés.

La odisea que pasé para obtener las imágenes necesarias para luego aplicar el software *Reduc* de Florent Losse, fue todo un proceso de aprendizaje y es un maravilloso recuerdo para mí. Además, el esfuerzo se vio recompensado por la favorable y cariñosa acogida de mis compañeros y maestros doblistas, cuando conté la experiencia en nuestra querida web de la Asociación Astronómica Hubble, a la que tanto debemos muchos doblistas amateur. Les remito a lo expuesto en dicho lugar para no repetirme demasiado en este nuevo artículo:

Por comodidad de quien lea este artículo, repito solo algunos datos de interés de aquel relato:

Mis mediciones de entonces (tabla 1) arrojaron los siguientes resultados:

$$\text{Theta} = 60,14^\circ \text{ y } \text{Rho} = 4,665''$$

Asombrosamente para mí, eran coherentes con los últimos datos ofrecidos por entonces por el WDS:

2007 1341 270 60 5.5 4.6 1.93 2.97

Rutinariamente, en un paseo por Géminis, vuelvo a Castor, después de unos años sin medirla y

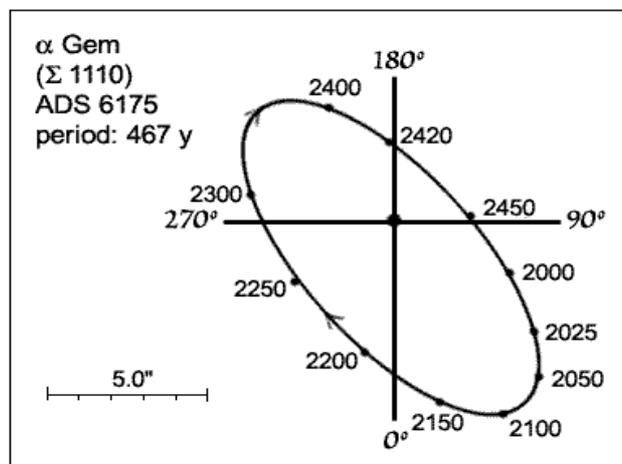


Figura 1. Órbita de STF 1110, Cástor. Gráfico obtenido de la web: <http://dibonsmith.com/orbits.htm>

<http://www.asociacionhubble.org/porta1/index.php/foro/viewtopic.php?f=63&t=31602&hilit=castor>



Figura 2. Imagen de Castor capturada por el autor el 16/02/2009.

recordando mi medición de 60° , sin esperar mucha variación... Era el 22 de marzo de 2014.

La centro en el ocular... ¡y ahí está! ¡qué dos disquitos tan exactos! ¿Blancos los dos?, la secundaria me parece algo distinta ¿verdosa?...y las componentes C y D, de un color pardo-anaranjado, mucho más débiles que A y B y con brillo ligeramente decreciente entre ellas; un espectáculo visual, como siempre.

Con la curiosidad del doblista, hecho mano distraídamente de los utensilios con los que suelo “medir” visualmente, al paso, las dobles con las que disfruto. En una primera aproximación, con el círculo graduado y sin afinar demasiado ni ser cuidadoso en el método, aprecio un ángulo comprendido entre 48° y 53° . ¡Sorpresa! Vuelvo a medir del mismo modo y doblemente me devuelve la misma medida. Inmediatamente, mido otra vez, pero ahora con el ocular astrométrico Meade MA 12 mm: la medición me da 55° (he tomado 5 medidas y todas me han dado un resultado similar).

!!!Te he visto moverte!!!

A pesar de la excitación, no hay tiempo por esta noche para montar la cámara, el ordenador, los cables y demás tinglados...además el tiempo anda revuelto, las nubes galopan veloces por el cielo y en el aire escucho la risa de los Gemelos que juegan conmigo, jugando a esconderse detrás de ellas... ¡furiosamente reconozco que no hay más remedio que dejarlo por hoy!

Pero, por supuesto, me propongo hacer una medición en serio de Castor AB, aunque tendré que esperar al día siguiente, día 23 de marzo.

Rezo para que no llueva ni haya nubes que lo impidan. ¿Podré dormir esta noche?

Al día siguiente, domingo 23 de marzo de 2014, a las 8 de la tarde, acudo a mi cita con ambas estrellas (sí, justo ese día y a esa hora en la que España entera estaba pendiente de otra cita estelar: el Barcelona y el Madrid se encontraban, una vez más, en su eterna lucha por el título ¿...y a mi qué, esas luchas a ras del suelo?). Lo mío sin duda era más grande: había visto moverse dos estrellas y era el momento de comprobarlo.

Primero a simple vista, y por el recuerdo reciente de la imagen capturada el año 2009, se aprecia diferencia en la orientación del par AB, respecto a la línea entre C y D.

En fotos la diferencia parece menor, porque A y B no se separan

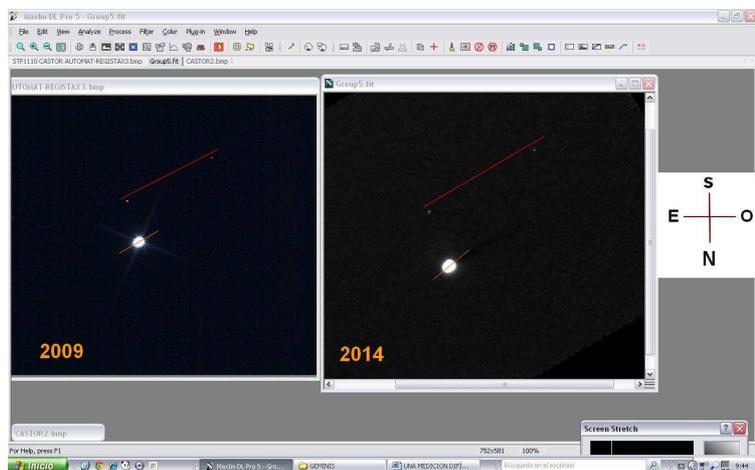


Figura 3. Comparativa entre el eje del par AB y el eje del par CD.

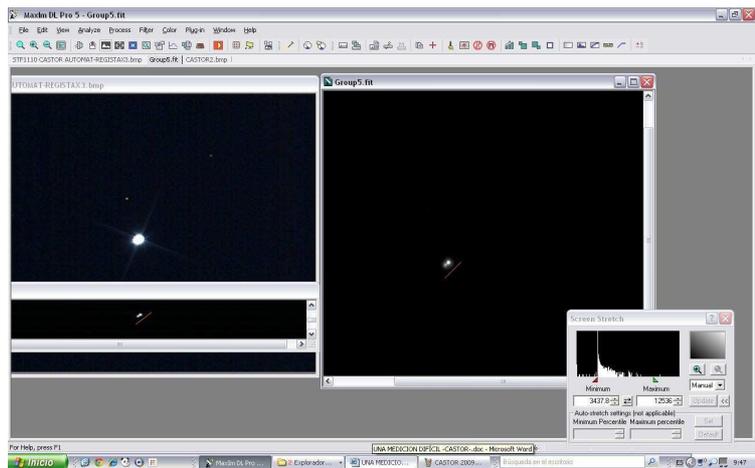


Figura 4. Comparativa de ejes con el par desdoblado.

bien, si uno quiere que se vean C y D, pero en visual era evidente: mientras que en 2009 los dos ejes AB y CD eran casi paralelos, ahora en 2014 son claramente divergentes.

Seguidamente, empiezo con las mediciones que

me corroborarán que son las estrellas las que bailan, y no mi imaginación.

Observación visual

Los medios de medición en visual, que tengo siempre a mano, son dos:

- a) un círculo graduado de fabricación casera que uso normalmente con un ocular de 15 mm (aunque puedo usarlo con cualquier otro), y con el que consigo mediciones bastante ajustadas, aunque solo le doy valor aproximativo y
- b) un ocular astrométrico Meade.



Figura 5 (arriba): Portabilidad de los medios usados y **Figura 6 (abajo):** Fijación del círculo graduado al barrilete del ocular.

Primero mido el ángulo de posición (AP, Theta) con el sencillo “artefacto casero” de círculos graduados, haciéndolo esta vez con todo cuidado. Lo fijo poniendo una simple goma elástica entre el barrilete del ocular y el portaocular, para que así el disco que incorpora la graduación no se mueva: sencillo y práctico.

Una vez que lo he colocado de modo que esté orientado con los puntos cardinales celestes, giro con cuidado el segmento transparente (que tiene una línea de referencia atravesándolo) hasta alinearlo con el vector de las estrellas a medir.



Figuras 7 y 8: círculo graduado 1 (arriba) y 2 (abajo).

La medida esta vez me da exactamente 55° apenas se aprecia en la imagen por la oscuridad, pero seguro que vale para hacerse una idea: vamos bien.

Después mido con el ocular astrométrico Meade de MA de 12 mm.

Las figuras 11 y 12 (página siguiente) se realizaron con una cámara sin apoyo sobre el ocular y son meramente testimoniales.

Para ser preciso, hago la medición como mandan los cánones, (Masa, 2005) girando cuidadosamente el eje reticulado del ocular hasta dejarlo orientado solidariamente con el eje del par; centrando exactamente la componente A en el círculo central de dicho eje del ocular reticulado y dejando después derivar el par a motor parado desde allí hasta la escala exterior de ángulos del ocular micrométrico, teniendo siempre en cuenta la inversión óptica del tipo de telescopio y prisma que se esté usando (en mi caso tendré que restar el valor obtenido a 360° por esa inversión óptica). Lo hago y...!allá va!: obtengo de nuevo 55°. ¡Esto va en serio! Repito la medición 7 veces, reiniciando todo el proceso cada vez y a pesar de pequeñas variaciones, el resultado sigue siendo el mismo. Animado por todo esto decido dejarme de rodeos y hacerlo finalmente con medios informáticos para obtener una medición precisa y fiable.



Figura 9. Midiendo con los círculos graduados artesanales.



Figura 10. Instalación del ocular micrométrico comercial.

Observación con webcam

Desde hace más de cuatro años, suelo medir con la CCD, el programa *Astrometrica* de Herbert Raab y el programa *Dobles* de Julio Castellano. Es una combinación de medios genial para pares débiles y de difícil localización que me ha dado muchas y buenas medidas.

Pero esos medios no me van bien para medir estrellas tan brillantes y cercanas entre sí. La estrella satura tanto y tan pronto que apenas aparecen otras estrellas en la imagen y así es difícil que haya luego suficientes estrellas para que *Astrometrica* pueda darme los parámetros de medición necesarios, y sin eso *Dobles* tampoco podrá operar.

Así que se me ocurre rescatar del baúl de los recuerdos mi webcam (Philips SPC 900SN) y mi *flip-mirror* y me armo de ánimos para intentar medir Castor como lo hice hace cinco años. La única diferencia será el telescopio, entonces era un Newton 150/1200 y ahora es un SC 203/2032. ¿Recordaré como se hacía?

Además de capturar el par de estrellas a medir, hay que tomar imágenes para la calibración del ángulo de rotación de la cámara y la escala de placa en la imagen de la que se trata de obtener la medición.

Hago una captura en video de un tránsito de la estrella dejando que -a motor parado- atraviese el campo entero de la imagen, para calcular luego (una vez convertido el archivo AVI en BMP) la línea Este-Oeste con la aplicación *Sintetic Drift* de *Reduc* (figura 13, página siguiente).

Para asegurar que está bien la orientación y para calibrar la distancia, sin mover la cámara, hago una captura de una de las estrellas de calibración de la conocida lista propuesta por la Sociedad Astronómica de Francia, SAF, (Mauroy, Mauroy y Morlet, 2007), en concreto STF 897, cuyos datos fijos son: $\Theta = 348,55^\circ$ y $\rho = 18,00''$.

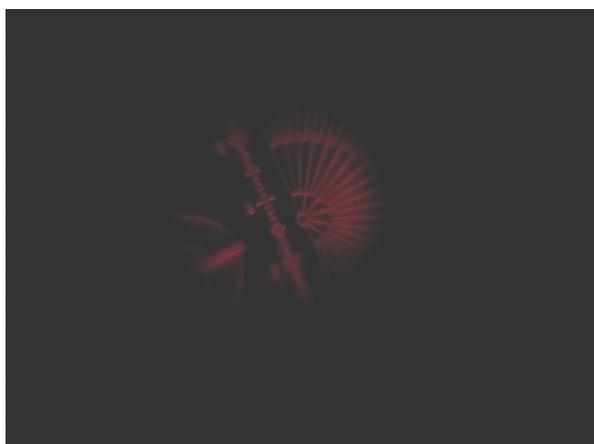


Figura 11. Los círculos graduados del ocular astrométrico.



Figura 12. STF 1110 en el ocular astrométrico.

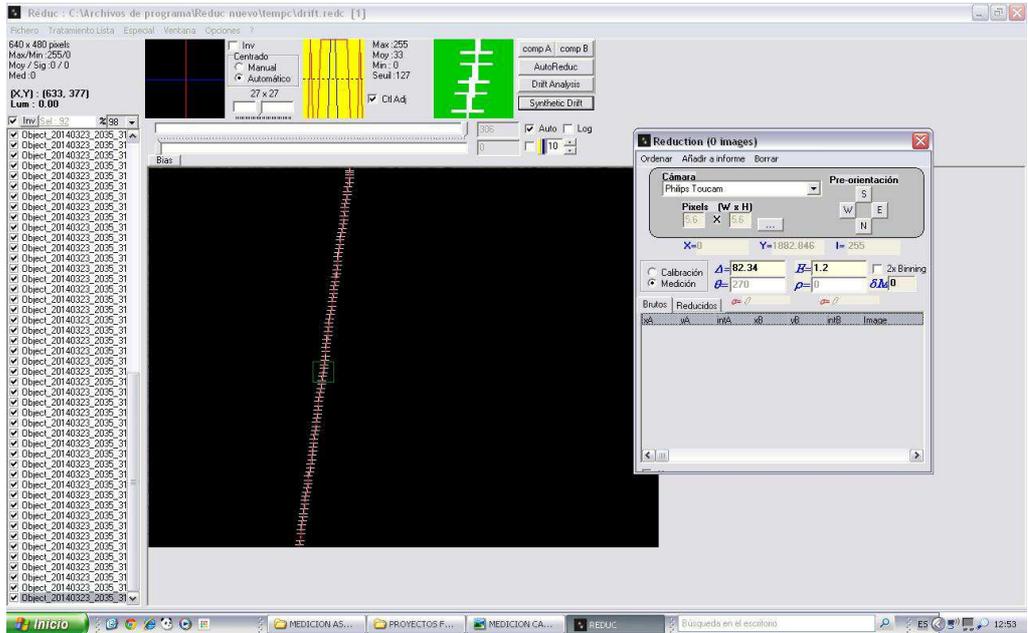


Figura 13. Cálculo de la orientación de la imagen por *Sintetic Drift* de Reduc.

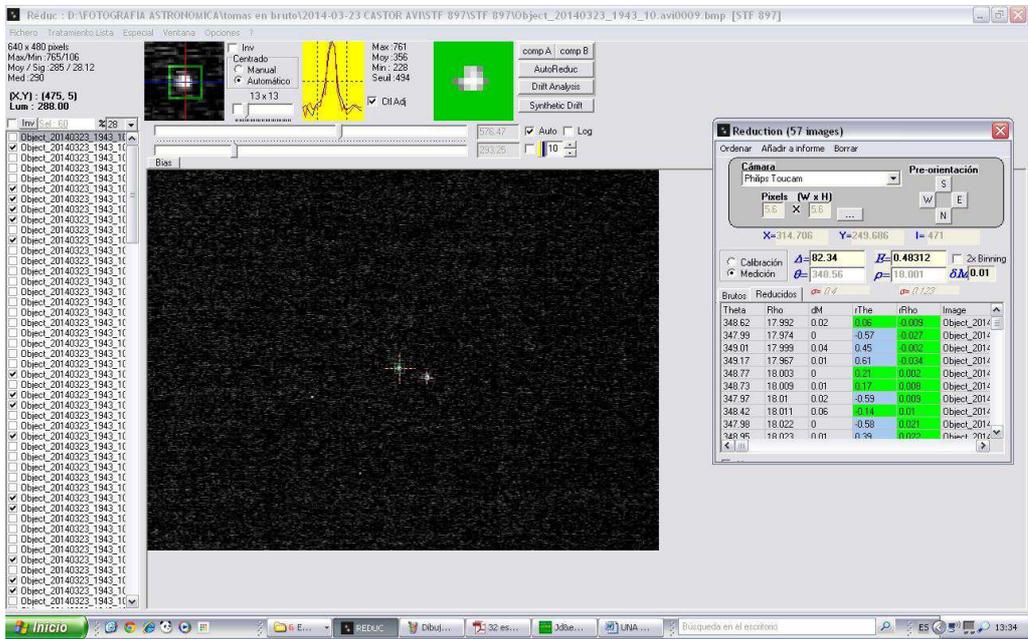


Figura 14. Calibración de la escala de placa mediante el par de referencia.

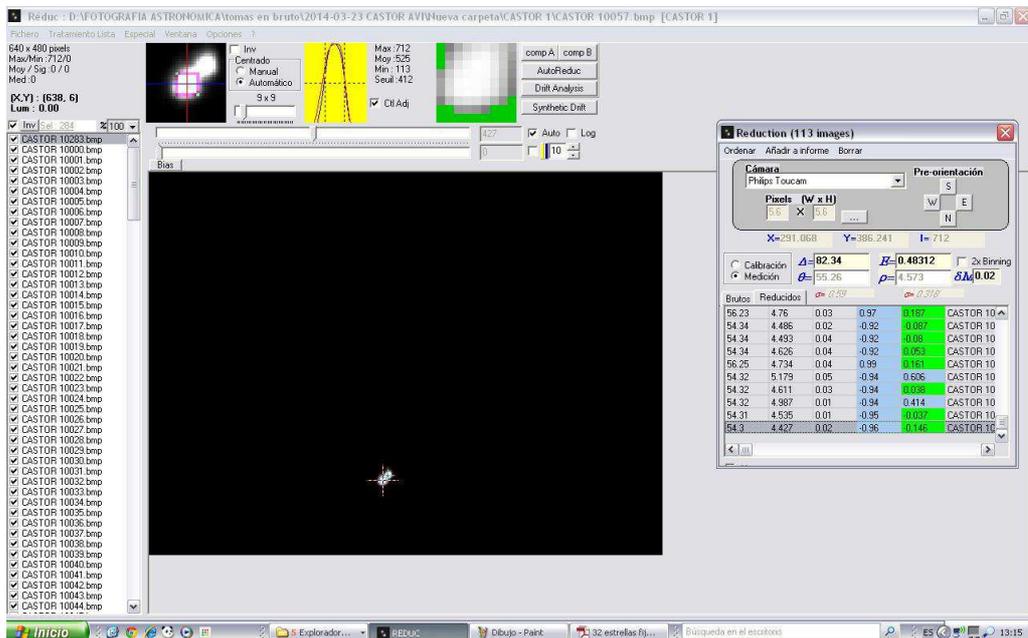


Figura 15. Medición de STF 1110 con Reduc.

WDS	Descubridor	Mag. A	Mag. B	Época	Theta	Rho	Nº Img.
07346+3153	STF1110AB	1,93	2,97	2009,1281	60,14	4,665	1
				2014,2258	55,26	4,573	113

Tabla 1. Astrometría relativa.

Como se ve, el ángulo calculado por *Sintetic Drift* de Reduc resulta absolutamente correcto y puedo aprovechar la captura para calibrar la distancia en mis imágenes. ¡Gracias Florent Losse por hacer un programa tan versátil! Y ahora sí, ya todo está listo para medir Castor. Vamos a ello.

Como se aprecia en la figura 15 (página anterior), obtengo un ángulo de $55,26^\circ$ y una distancia de $4,573''$, después de medir sobre 113 imágenes. Medición válida, según mi criterio (tabla 1).

El tren óptico empleado en esta observación es: Celestron C8 + Reductor de focal F/6,3 + Webcam Philips SPC900SN; sobre montura CG5 GT. La escala de placa resultante es $0,48312''/\text{píxel}$.

Por último, ya después de recoger, consulto el WDS a ver cuales son las medidas más recientes de Castor:

```
07346+3153STF1110AB      1819 2013 1407    270
55  5.5  4.6  1.93  2.97
```

Ya veis, efectivamente 55° y $4,6''$ en 2013.

**Yo las he visto bailar,
mi medida es coherente. Y mi felicidad también.**

Agradecimientos

A la Asociación Astronómica Hubble, escuela de mi afición; a todos los componentes de mi querido grupo de dobles de su foro; al Grupo de Amigos de la Astronomía de Jaén, especialmente a mi paciente amigo y siempre infatigable doblista Juan Lendínez Moral.

Y a los tres editores de esta revista, que con su labor infatigable, laboriosa y altruista llenan de vida y contenido la labor astronómica de tanta gente.

En este trabajo se ha hecho uso del catálogo WDS mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO). 

Referencias

Masa, E. R., 2005, *Oculares micrométricos* (tres artículos), Circular nº 1 de Syrma-Med, 10-23.

Mauroy, F., Mauroy, P., Morlet, G., 2007, *Liste d'étoiles doubles étalons*, Observations & Travaux, vol. 67, 17-19.



Figura 16. Castor, imagen del 23 de marzo de 2014.

Un nuevo sistema binario de tipo Sirio en la constelación de Cáncer

A new Sirius type binary system in the constellation of Cancer

José Antonio Gutiérrez Pérez

■ Correo-e: chetrail@hotmail.com

En este trabajo presento el estudio de un nuevo sistema binario de tipo Sirio que posee movimiento propio común y cuya componente secundaria es una nueva candidata a ser una enana blanca de muy bajo brillo. Se ha llevado a cabo un estudio cinemático y fotométrico, que arroja una distancia (unos 105 pc) muy similar para ambas estrellas. Diversos criterios de caracterización empleados en este trabajo indican que estamos, al menos, ante un sistema binario con relación física. Tampoco podemos descartar la posibilidad de que ambas estrellas estén gravitacionalmente unidas.

In this paper I present the study of a new binary system of Sirius type that has common proper motion and whose secondary component is a new candidate to become a white dwarf from very low brightness. A kinematic study has been carried out and photometric, it throws a distance (about 105 pc) very similar for both stars. Different characterization criteria employed in this work, indicate that at least we have a binary system with a physical relationship. We can't rule out the possibility of both stars gravitationally bound.

Introducción

EL PAR EN CUESTIÓN se encuentra justo en el límite entre las constelaciones de Cancer e Hydra, concretamente en las coordenadas AR = 09h 19' 54,71" y DEC = 06° 32' 50,3". La estrella principal está identificada como **2MASS 09195471+0632503**, mientras que la secundaria no muestra identificador en este mismo catálogo. El estudio astrométrico ha resultado bastante complejo debido a la magnitud de la estrella B ($V = 20,36$) y al pequeño movimiento propio que presentan ambas componentes en declinación.

Este nuevo sistema tiene la peculiaridad de pertenecer a lo que se conoce como **binarias tipo Sirio**. ¿Qué son estas binarias? Recientemente Francisco Rica se ha encontrado con un artículo de investigación en el que se describen este tipo de sistemas, que básicamente son aquellos, binarios o múltiples, que contienen una enana blanca y en el que al menos una de las componentes pertenece a una clase espectral anterior al tipo M0. El nombre de tipo "Sirio" deriva de su similitud con el sistema del Can Mayor que se toma como prototipo. Los sistemas más fácilmente identificables son aquellos en el que la estrella principal se aproxima más a una enana M0, ya que el menor brillo de ésta nos permite detectar mejor a la compañera degenerada (enana blanca), la mayoría de sistemas conocidos pertenecen a esta clase. Sin embargo, cuanto más luminosa es la estrella de la secuencia principal

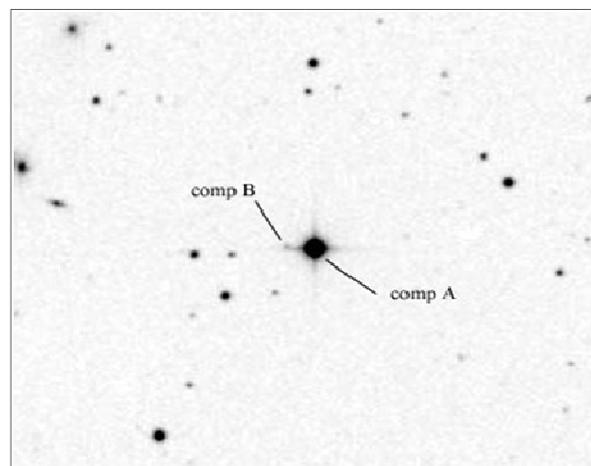


Figura 1. Placa POSSII-J (época 1994,915) donde aparece centrado el nuevo par.

(tipos espectrales anteriores a M0) más difícil será observar a la enana blanca. En este sistema en particular la distancia que separa a ambas componentes es lo suficientemente grande como para detectar a la débil enana blanca. Actualmente hay 98 sistemas de tipo Sirio conocidos, la mayoría situados a una distancia comprendida entre los primeros 20 pc, pasada esta distancia el porcentaje disminuye entre el 1 y el 2 por ciento. ¿Podría ser este el sistema n° 99?

El artículo al que hace referencia Rica se titula: *Where are all the Sirius-Like Binary Systems?* y está

EPOCA	COMP	AR (grados)	DEC (grados)	THETA	RHO	THETA	RHO	IMAGEN
1949,913	A	139,9795	6,547111111	85,28	16,29	85,52	16,77	POSSI
	B	139,984042	6,547483333					
1991,095	A	139,978167	6,547555556	88,84		14,9	88,4	POSSII-F
	B	139,982333	6,547638889			15,89		
1994,915	A	139,978	6,547361111	87,95	15,65	88,27	15,96	POSSII-J
	B	139,982333	6,547516667					
2000	A	139,977917	6,547280556	-----	-----	-----	-----	USNO-B1
	B	-----	-----					
2002,867	A	139,977833	6,547305556	83,91	16,03	-----	-----	SDSSDR9
	B	139,982292	6,547777778					
2006,987	A	139,977742	6,547366667	84,06	16,15	-----	-----	UKIDSS
	B	139,982233	6,547830556					

Tabla 2. Astrometría absoluta y relativa.

FUENTE	COMP	mp AR	ERROR	mp DEC	ERROR
PPMXL	A	-123,8	1,6	13,5	1,6
	B	-153,6	5,3	7,4	5,3
USNO-B1.0	A	-124	0	12	0
	B	-152	10	16	14
UCAC 2	A	-120,7		13,9	
	B				
UCAC 4	A	-124	0,8	15,5	0,8
	B				
TYCHO-2	A	-122,8	2,2	12	2,1
	B				

Tabla 1. Movimientos propios.

firmado por varios autores: J. B. Holberg, T. D. Oswalt, E. M. Sion, M. A. Barstow y M. L. Burleigh. Además de mostrar datos para cada sistema en particular, también proponen formas para detectar y estudiar posibles nuevos sistemas tipo Sirio. Verdaderamente interesante.

Cinemática

Los datos que presentan los diferentes catálogos consultados parecen ser muy coincidentes entre sí. Los errores que muestran PPMXL y USNO-B1.0 en declinación para la secundaria podrían parecer muy grandes, sin embargo son normales para estrellas de este brillo (tabla 1). Aún así he decidido calcular los movimientos propios de ambas componentes para compararlos con los de los catálogos profesionales.

Las medidas astrométricas se han llevado a cabo sobre placas del Digitized Sky Survey (en adelante DSS) para diferentes épocas y también se han utilizado los datos procedentes del catálogo SDSS dr9, UKIDSS y USNO-B1.0. Las medidas sobre las placas DSS se han hecho mediante la herramienta *phot* de *Aladín* para la primaria, para la secundaria no pudo determinarse el centroide debido a su bajo brillo. En

este caso se ha utilizado el software *fv* (NASA/HEARSAC) y en concreto dos de sus herramientas: *Make Contour Map* e *Image Probe*.

Los datos obtenidos por este método resultan del promedio de 15 medidas por cada placa.

Seguramente los datos más precisos con los que contamos sean los procedentes de los catálogos SDSS dr9 y UKIDSS, además estos muestran datos de ambas estrellas para una misma época.

En la tabla 2 aparecen los datos astrométricos obtenidos, los valores del ángulo de posición (THETA) y distancia angular (RHO) se calcularon con el software *RhoThetaRAA*. Ahora bien, aquí se nos plantea un problema, si nos fijamos, durante el periodo comprendido entre 1950 y 1995 el ángulo de posición parece aumentar, mientras que la distancia entre las componentes disminuye. Sin embargo, en los siguientes siete años vuelve a ocurrir lo contrario disminuyendo el ángulo rápidamente en cuatro grados y siendo la distancia entre las componentes muy similar a la de la medida de 1950.

En principio esto me hizo pensar en algún tipo de relación física entre ambas estrellas, pero según me aclara Francisco Rica (comunicación privada), probablemente sea debido a errores importantes en las medidas para estas épocas. Si un par de estrellas con 15'' de separación tuviesen relación física, mostrarían un movimiento orbital muy lento, por lo tanto una variación de cuatro grados en tan corto periodo de tiempo parece excesiva. Ante esta situación decidí medir sobre las placas del DSS la separación y el ángulo de posición mediante el software *Reduc*, los resultados se muestran en la tabla 2 (color rojo).

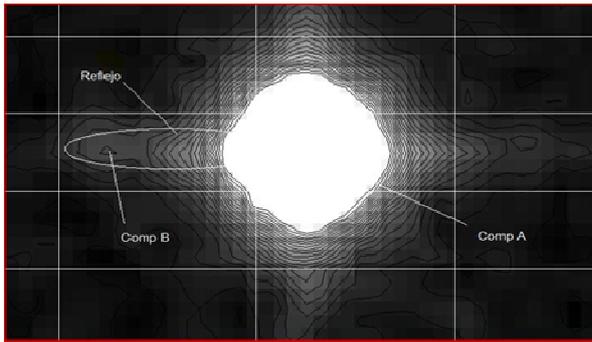


Figura 2. Estrella B afectada por los Spikes de la estrella A. Imagen DSS (época 1991,095) en escala de grises Fv (NASA/HEARSAC).

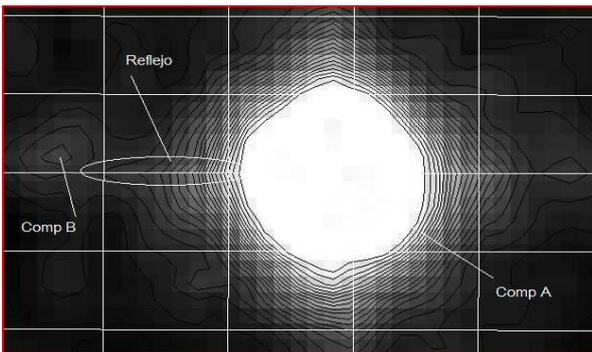


Figura 3. Estrella B afectada en menor grado. Imagen DSS (época 1949,913) en escala de grises Fv (NASA/HERSAC).

Los valores obtenidos son muy coincidentes mostrando la variación del ángulo de posición para esas épocas. Tengamos en cuenta que estamos ante una secundaria de muy bajo brillo que se confunde con el ruido de la imagen y una primaria que aparece saturada, para colmo también el reflejo de la araña (secundario del telescopio) se encuentra en la dirección de la estrella B por lo que creo que la señal de ésta se mezcla, dando lugar a la imprecisión en las medidas (figura 2).

La imagen anterior muestra a ambas estrellas para la época 1991,095 y en ella se aprecia hasta donde se extiende el reflejo de la primaria. Teniendo en cuenta esto, he decidido no utilizar la astrometría de estas dos épocas (1991 y 1994) para la estrella B ya que parecen estar afectadas por grandes errores.

Ahora se nos plantea otra cuestión, ¿deberíamos utilizar la medida para la época 1949? Para la imagen de esta época la secundaria parece estar menos afectada por la saturación de la primaria y esto podría ser debido a que el ángulo de rotación de esta imagen (época 1949) es mayor que para las épocas 1991 y 1994. He calculado estos ángulos con el software Elbrus obteniendo $0,11^\circ$ (1949), $0,01^\circ$ (1991) y $0,02^\circ$ para (1994). Además la imagen de 1949 tiene menor tiempo de exposición, con lo cual este efecto se acentúa en menor grado (figura 3). Por estos motivos he decidido utilizar la astrometría de la estrella B para esta época.

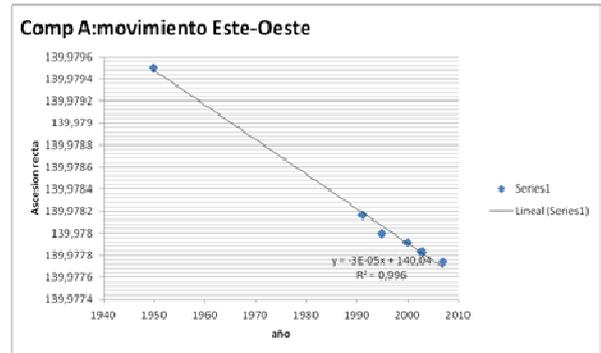


Figura 4. Pendiente en grados = $-3,13769E-05$ que corresponde con un movimiento propio de $112,95 \pm 2,9$ msa/año.

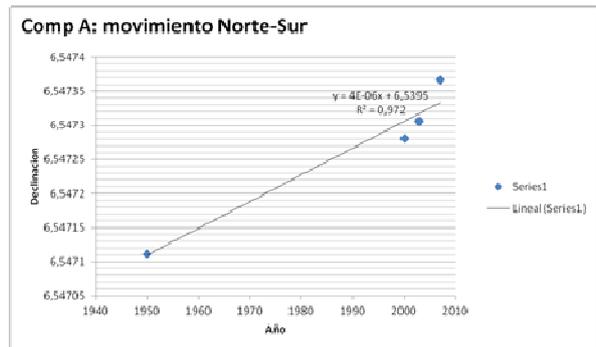


Figura 5. Pendiente en grados = $3,91828E-06$ que corresponde con un movimiento propio de $14,10 \pm 4,4$ msa/año.



Figura 6. Pendiente en grados = $-322977E-05$ que corresponde con un movimiento propio de $-116,27 \pm 14$ msa/año.

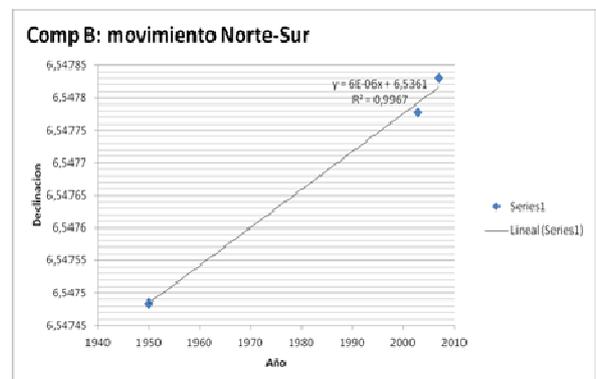


Figura 7. Pendiente en grados = $5,84809E-06$ que corresponde con un movimiento propio de $21,05 \pm 7,8$ msa/año.

Para determinar el movimiento propio de las componentes se llevó a cabo un estudio cinemático de cada una de ellas, tanto en ascensión recta (AR) como en declinación (DEC), representando AR y DEC frente a cada época. Luego se hizo un ajuste lineal y se obtuvieron las pendientes de cada una de las rectas (página anterior). Estas pendientes no son más que los movimientos propios anuales expresados en grados por año para cada eje.

Los resultados parecen indicar la semejanza en los movimientos propios de ambas componentes, mostrando un valor en AR para la componente B bastante menor de lo que indican los catálogos PPMXL y USNO-B1.0.

Tomando como referencia los datos astrométricos de la tabla 2, he marcado la posición de ambas estrellas sobre una imagen DSS para la época 1949 (figura 8). Con la herramienta *Dist de Aladín* he determinado el módulo de desplazamiento de las componentes A y B sobre una línea temporal de 57 años, ya que la astrometría del 2006 junto con la de las fechas 2000 y 2002 son los datos más fiables de los que disponemos.

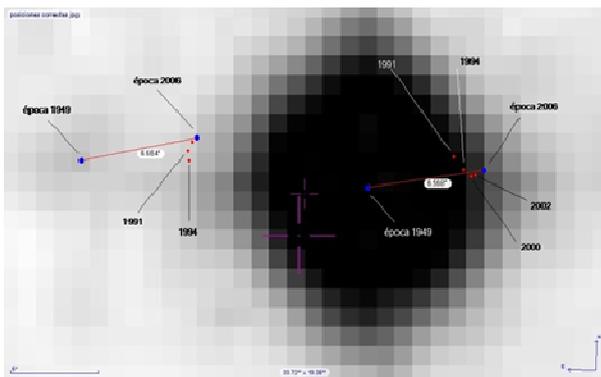


Figura 8. Posición de ambas componentes entre 1949 y 2006 (57 años).

Si ampliamos la imagen anterior, podemos ver que los valores obtenidos son de 6,56'' y 6,66'' para A y B respectivamente. Aquí podemos ver la dispersión en los datos astrométricos para las fechas 1991 y 1994.

También se han calculado estos módulos matemáticamente tomando como datos los valores derivados de las gráficas (figuras 4, 5, 6 y 7; página anterior) y los de la literatura profesional. Los resultados se muestran en la tabla 3. Las distancias a partir de los datos de PPMXL (8,76'') y USNO-B1.0 (8,71''), parecen ser mayores que las mostradas en la figura 8, esto me hace pensar que los movimientos propios de ambas estrellas en ascensión recta son más parecidos que los mostrados en los catálogos y en torno a esos -116,27 msa/año para B calculados en este trabajo. Evidentemente habría que hacer unas medidas astrométricas más precisas para poder confirmarlo.

FUENTE	COMP	AR	DEC	MÓDULO
PPMXL	A	-123,8	13,5	7,09
	B	-153,6	7,4	8,76
USNO-B1.0	A	-124	12	7,10
	B	-152	16	8,71
GRAFICA	A	-112,9	14,10	6,48
	B	-116,2	21,05	6,73

Tabla 3. Módulos de desplazamiento (57 años).

Lo que queda claro es que estamos ante un par de **movimiento propio común** y que los movimientos propios calculados para B en este trabajo parecen ajustarse mejor a los módulos de distancia calculados en la tabla 3. La dirección en la que se mueve cada componente con respecto al norte es de 96,42° para A y de 100,33° para B.

Fotometría

Si el estudio astrométrico de este par ha resultado complicado, no lo será menos el fotométrico. Otra vez, la escasez de datos para la estrella B ha obligado a realizar una serie de transformaciones fotométricas entre distintos sistemas, sin embargo, la satisfacción del resultado final lo ha compensado con creces.

— Componente Principal

Esta componente presenta fotometría en varios catálogos: 2MASS, CMC 14, SDSS y UCAC 4. Así que he calculado la magnitud visual por transformación de la infrarroja JHK del 2MASS (tabla 4), y luego la he comparado con la calculada para otros catálogos. Según indica Francisco Rica en una corrección previa a este trabajo no deberíamos utilizar la fotometría SDSS para la primaria ya que esta es demasiado brillante y aparecerá saturada.

2MASS	J	H	K	V
A	9,164	8,723	8,697	10,59

Tabla 4. Magnitud visual de la componente A derivada de 2MASS por transformación de Brian Warner.

La magnitud visual por transformación de CMC-14 se ha llevado a cabo mediante la expresión de John Greaves (2006):

$$V = 0,6278 * (J-K) + 0,9947 * r'$$

arrojando un resultado de **V = 10,58**. Para los datos de TYCHO-2, mediante la expresión

$$V = V_t - 0,09 * (B_t - V_t)$$

obtenemos **V = 10,75** mientras que UCAC 4 aporta una magnitud visual **V = 10,715**. Los dos primeros

SDSSDR9	U	Error	G	Error	R	Error	I	Error	Z	Error
COMP B	23,252	0,651	20,906	0,037	20,054	0,026	24,362	0,840	19,791	0,1

Tabla 5. Fotometría en banda ugriz de la comp B.

valores para la magnitud visual usan fotometría JHK de forma única o combinada con la del catálogo CMC-14, por tanto son valores dependientes, mientras que los otros dos proceden de TYCHO-2 y de UCAC 4 siendo estos valores independientes de cualquier transformación y por tanto más fiables. La fotometría de UCAC 4 procede del APASS y muestra menor error que la de TYCHO -2, así que será esta la que se utilice en este trabajo.

—Componente Secundaria

Para esta estrella ha sido básico el empleo de fotometría ugriz del SDSS dr9, la cual ha sido convertida en B y V mediante transformaciones de Lup-ton (2005). Ver tabla 5.

No se usó ninguna conversión que empleara la fotometría i del SDSS, ya que para la secundaria contiene un gran error y además es anormalmente débil, más incluso que la fotometría ultravioleta. En el cálculo se han utilizado dos juegos de ecuaciones para cada banda B y V y luego se promediaron los valores obtenidos.

$$B = u - 0,8116(u - g) + 0,1313 \quad \text{Sigma} = 0,0095$$

$$B = g + 0,3130(g - r) + 0,2271 \quad \text{Sigma} = 0,0107$$

$$V = g - 0,2906(u - g) + 0,0885 \quad \text{Sigma} = 0,0129$$

$$V = g - 0,5784(g - r) - 0,0038 \quad \text{Sigma} = 0,0054$$

(Ecuaciones empleadas en las transformaciones)

El resultado de este cálculo indica para la secundaria un valor de **B = 21,44** y **V = 20,36** y un índice de color **B-V = 1,08**. Utilizando otras transformaciones del SDSS obtenemos valores similares: **B-V = 1,05** (Jester *et al.*, 2005), **B-V = 1,00** (Karaali *et al.*, 2005) y **B-V = 1,03** (Jordi *et al.*, 2006).

Si nos fijamos, la fotometría Sloan u de la tabla 5 también presenta un gran error al igual que la i, de forma que podría afectar a los valores B y V calculados anteriormente. Si no tenemos en cuenta las expresiones que utilizan el parámetro u obtendríamos valores de (**B = 21,40** y **V = 20,40** **B-V = 1,00**) que siguen siendo muy similares.

Tipo espectral

Para el cálculo de los tipos espectrales y diagramas de movimiento propio nos hemos ayudado de DUPLEX, una nueva herramienta que fue presentada en el número 11 de OED. Se ha calculado el movimiento propio reducido de ambas componentes mediante la expresión:

$$H_v = -1 * (V + 5 * \log(M) + 5)$$

Obteniendo resultados para la componente A de **Hv = -10,99** y de **Hv = -20,72** para la componente B.

Estos datos han sido representados frente al índice de color B-V en un diagrama de movimiento propio reducido para cada una de las estrellas. Si tomamos los datos derivados del SDSS **V = 20,36** y **B-V = 1,08** la componente B aparece en una zona fronteriza entre las subenanas y las enanas blancas (figura 9).

En esta ocasión Francisco Rica me aclara que debemos descartar que se trate de una subenana, ya que su magnitud absoluta rondaría la **8,0 ± 0,2** y esto daría una enorme distancia (>2700 parsecs) con una imposible velocidad tangencial (>1900 km/s).

Para la estrella secundaria también disponemos de fotometría infrarroja JHK procedente del UKIDSS (tabla 6), el sistema fotométrico de este catálogo parece no ser el mismo que el del 2MASS y por tanto no he utilizado ninguna ecuación de conversión (por ejemplo, transformaciones de Brian Warner, Bilir y otros) ya que estas se utilizan sobre datos del 2MASS. Sin embargo, los datos fotométricos del catálogo

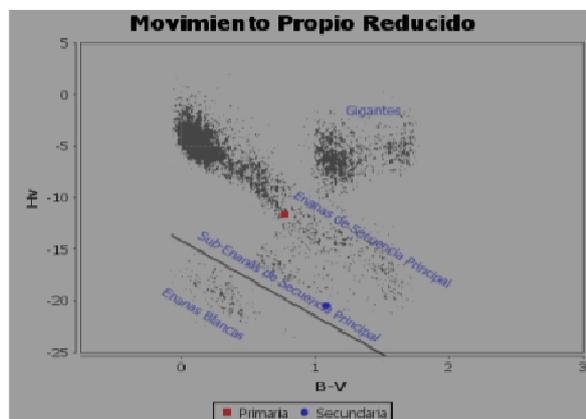


Figura 9. Movimiento propio reducido (datos SDSS).

UKIDSS	J	H	K
B	18,390	18,262	18,120

Tabla 6. Fotometría infrarroja UKIDSS de la componente B.

UKIDSS son perfectamente válidos, por lo que he representado el color V-J en un diagrama de movimiento propio reducido (figura 10, página siguiente).

El valor de V utilizado es el derivado del SDSS mientras que el J proviene del UKIDSS obteniendo un resultado de **V-J = 1,97**. La expresión utilizada para el cálculo del movimiento propio reducido:

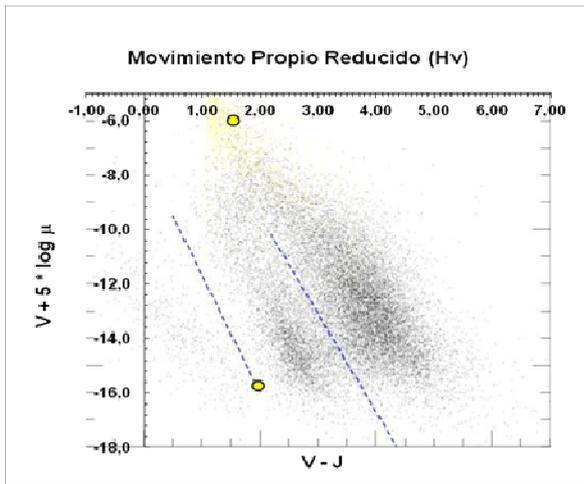


Figura 10. Componente B (abajo a la izquierda).

$$Hv = -1 * (V + 5 * \log(M))$$

arroja un valor de $Hv = -15,71$. Este diagrama de movimiento propio vuelve a mostrar nuevamente a la estrella secundaria en una zona fronteriza a las enanas blancas, indicando que no se corresponde con una estrella de la secuencia principal.

Las posiciones que ocupan las estrellas en estas gráficas determinan que este nuevo par está formado por una estrella principal de clase espectral **G8V** y una secundaria **enana blanca**. En las figuras 11 y 12 también se muestra la distribución espectral de energía para cada componente.

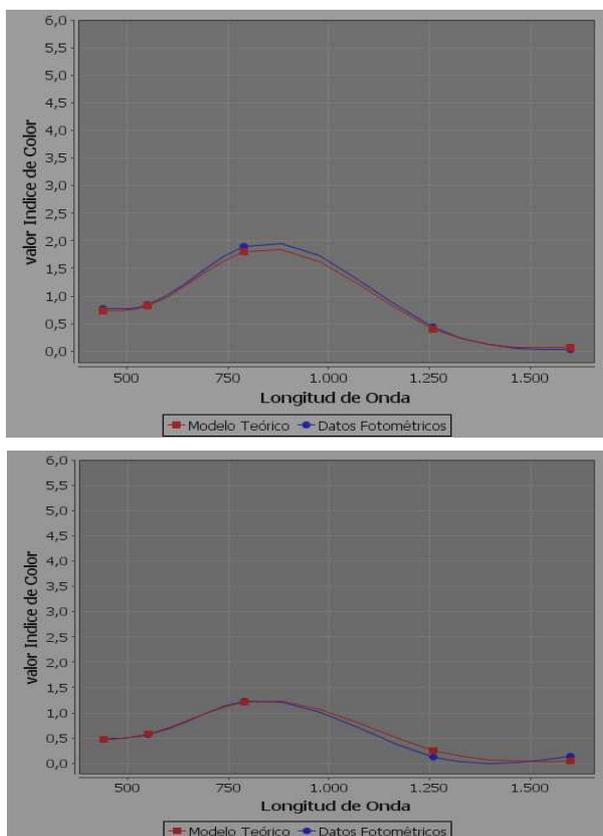


Figura 11 (arriba). Distribución espectral de energía para la componente A. Figura 12 (abajo). Distribución espectral de energía para la componente B.

Cálculo de la magnitud absoluta visual

Esta se define como el brillo que tendría una estrella si estuviera a la distancia de 10 parsecs (32,6 años luz). Para la primaria obtenemos directamente el valor que proporciona Duplex: **5,58** totalmente coincidente con el mostrado en tablas que relacionan este dato con la luminosidad para estrellas de la secuencia principal. Para la secundaria, en cambio, se ha utilizado la expresión que el Observatorio Naval de Washington obtuvo en 1982 para enanas blancas con B-V comprendida entre 0,1 y 1,2:

$$Mv = 11,43 + 7,25 * (B - V) - 3,42 * ((B - V) * B - V)$$

el valor obtenido es de **15,27** para la componente B. El valor de B-V utilizado es el derivado del catálogo SDSS.

Cálculo de la distancia

Conocida la magnitud absoluta Mv y la aparente V podemos derivar la distancia d en parsecs mediante la expresión $m - Mv = 5 * \log(d) - 5$

COMP	V	Mv	m-Mv	d
A	10,71	5,58	5,13	106,16
B	20,36	15,27	5,09	104,23

Tabla 7. Módulos de distancia.

En la tabla 7 se muestra la distancia calculada para la estrella A según la magnitud visual V obtenida del catálogo UCAC 4 y para la estrella B según la transformación de la fotometría SDSS. Cuando consideramos la naturaleza de enana blanca de la secundaria se pone de manifiesto la igualdad en los módulos de distancia. Esto es condición necesaria aunque no suficiente para la existencia de relación física entre ambas componentes.

Temperatura efectiva y corrección bolométrica

Existe una clara relación entre la temperatura superficial de una estrella y su índice de color B-V, por tanto podremos calcular la temperatura efectiva (T_{eff}) usando la siguiente expresión (Reed, 1988) :

$$\log T_{eff} = (14,551 - (B - V)) / 3,684$$

Los datos obtenidos se muestran en la tabla 8 (página siguiente).

Una vez obtenidas las temperaturas efectivas, se calculó la corrección bolométrica (CB) mediante la expresión de Lang (1992), de forma que al aplicarla a la magnitud absoluta (Mv) obtendremos la Magnitud absoluta bolométrica (M_{bol}). Esta sería la magnitud

COMP	Log Teff	Teff
A	3,738	5479,08
B	3,656	4535,48

Tabla 8. Temperaturas efectivas.

COMP	Mv	CB	Mbol
A	5,58	-0,252	5,33
B	15,27	-0,718	14,55

Tabla 9. Magnitud absoluta bolométrica Mbol.

absoluta que tendría la estrella si nuestra atmósfera no absorbiera parte de la luz que nos llega de ella (tabla 9).

Cálculo de la luminosidad

La luminosidad de una estrella nos indica la cantidad de energía que irradia por unidad de superficie y unidad de tiempo. Este valor nos da una idea de lo luminosa que sería al compararla con el Sol si ambas estuvieran a 10 parsecs de distancia, teniendo en cuenta que la Mbol del Sol es 4,74 y su luminosidad 1 basta aplicar la expresión

$$L=10^{((4,75-Mbol)/2,5)}$$

Así obtenemos los siguientes valores (tabla 10).

COMP	Mbol	Luminosidad
A	5,33	0,58
B	14,55	0,00011

Tabla 10. Luminosidad.

Cálculo del radio

Para establecer el radio de las estrellas utilizaremos la siguiente expresión:

$$\text{Log } R = \frac{1}{2} \log L + 2 \log (T_{\text{sol}} / T_{\text{eff}})$$

COMP	Teff	L	RADIO
A	5479,08	0,58	0,82
B	4535,48	0,00011	0,01

Tabla 11. Radios.

Cálculo de la masa

La estrella A es una G8V, perteneciente a la secuencia principal. Se ha utilizado la expresión

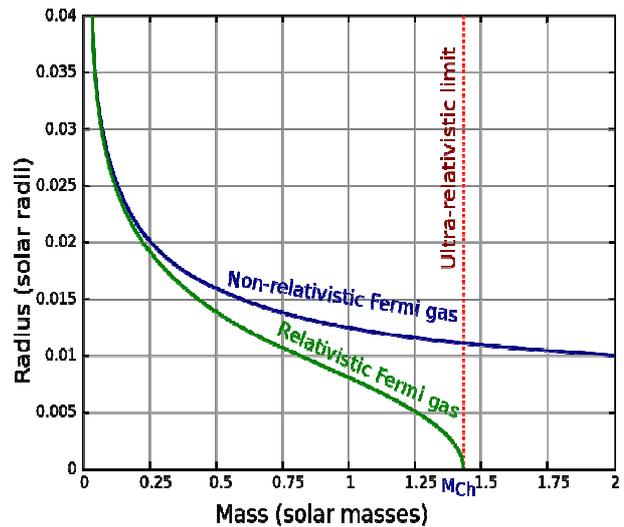


Figura 13. Relación radio masa de una enana blanca. La línea roja muestra la masa límite de Chandrasekhar.

$\log \text{ masa} = \log L / 3,5$ para el cálculo de su masa, sin embargo, esta fórmula no es válida para la componente B debido a su naturaleza de enana blanca. Estas son estrellas que no tienen ninguna fuente de energía que equilibre el colapso gravitatorio, así que su peso es contrarrestado por la presión de degeneración electrónica.

El radio de una enana blanca es inversamente proporcional a la raíz cúbica de su masa, por lo que al añadir masa a ésta su radio disminuye, y por tanto la velocidad de los electrones de su núcleo aumenta. Como esta velocidad no puede superar a la de la luz, existe un límite para la masa, por encima del cual la degeneración electrónica, debido al principio de exclusión de Pauli, no puede parar el colapso gravitatorio de la enana blanca.

Este límite es el de Chandrasekhar y equivale a 1,4 masas solares. En la figura 13 se relaciona el radio y la masa de las enanas blancas, la curva verde tiene en cuenta los cálculos relativistas y por tanto el límite de Chandrasekhar. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 12.

COMP	LUMINOSIDAD	MASA
A	0,58	0,85 sec.principal
B		0,8

Tabla 12. Masas de ambas componentes.

Naturaleza del sistema

El estudio astrométrico de este par muestra unos movimientos propios más parecidos entre ambas estrellas de lo que muestran los catálogos PPMXL y USNO-B1.0. Además, los módulos de desplazamiento medidos con Aladin sobre una línea temporal de 57

años (imagen 8), parecen adaptarse mejor a los valores de los movimientos propios derivados de este estudio (tabla 13).

Mov propios	AR	DEC
A	-112,95 ± 2,9	14,10 ± 4,4
B	-116,2 ± 14	21,05 ± 7,8

Tabla 13. Nuevos movimientos propios calculados.

Con estos movimientos propios intentaré determinar la naturaleza física del sistema utilizando los principales criterios de binariedad basados en la mecánica celeste:

—Criterio de Sinachopoulos

En este criterio se compara la velocidad tangencial relativa de las componentes con la máxima velocidad orbital permitida según la tercera ley de Kepler. De forma que si $V_t > 3 V_{máx}$ el par sería óptico y si $V_t < V_{máx}$ estaríamos ante un posible sistema binario.

Según los datos de la tabla 13 obtenemos un movimiento propio relativo en **AR de 3,32 msa/año** y en **DEC de -6,95 msa/año**. El movimiento propio relativo total sería igual a **7,70 msa/año** y mediante la expresión:

$$V_t = 4,74 * d \text{ (en pc)} * \text{mov propio relativo}$$

obtenemos una Velocidad tangencial relativa de **3,84 km/s**. La velocidad orbital máxima vendrá determinada por la expresión:

$$V_{máx}^2 = G * (M+m) * (2/r - 1/a)$$

donde **a** es el semieje mayor esperado y **r** se puede sustituir por la separación física proyectada de ambas estrellas expresada en ua. Este sistema arroja un semieje mayor (**a**) = **2140,6 ua**, una separación física proyectada (**s**) = **1698,8 ua** y una velocidad orbital máxima (**V_{máx}**) = **2,24 km/s**. La velocidad de escape máxima vendrá dada por la ecuación:

$$V_{esc}^2 = (2 * G * Masa_{total}) / r$$

con la que se ha determinado un valor de **V_{esc} = 2,89 km/s**.

Como vemos, la velocidad tangencial relativa es mayor que la velocidad máxima orbital e incluso superior a la velocidad máxima de escape, por lo tanto este criterio califica al sistema como **no binario**. Sin embargo, la velocidad tangencial relativa no es superior a $3 * V_{máx}$ por lo que tampoco deberíamos calificar al par como óptico.

Tengamos en cuenta que este criterio califica al par como no físico, en el sentido de que no estaría unido gravitatoriamente.

Evidentemente, unos movimientos propios comunes tan grandes y unas distancias fotométricas similares nos indican que estamos ante un par que posee una relación física en el sentido de tener un origen, cinemática y composición común, si bien no orbitan alrededor de un centro de masas.

Otra cosa a tener en cuenta es que la velocidad tangencial seguramente tendrá un error significativamente grande, esto es debido a que el movimiento propio relativo utilizado para su cálculo depende de la precisión de los datos astrométricos. Si tenemos en cuenta este error, podría existir la posibilidad de que el sistema estuviera gravitacionalmente unido. Los errores en los movimientos propios calculados en este trabajo se muestran en la tabla 13. Si asumimos estos errores, la velocidad tangencial podría ser inferior a la máxima orbital e incluso a la de escape y mostraría a este sistema como gravitacionalmente unido. Además, como la $V_t < 3 * V_{máx}$ (por lo que el criterio califica al par como no óptico), existe la posibilidad de que sea gravitatorio. Sin embargo, se hace necesaria una astrometría más precisa para poder confirmarlo.

—Criterio de J. L. Halbwachs

Este criterio tiene en cuenta la cinemática de las estrellas que forman el sistema, de forma que si cumplen la condición:

$$(p_mA - p_mB)^2 < -2 * (e_{p_mA}^2 - e_{p_mB}^2) * \ln 0,05$$

el par se considera de movimiento propio común con una probabilidad del 95%. También calcula un parámetro T que sería el periodo que necesitaría la estrella con su movimiento propio común para recorrer una distancia igual a su separación angular.

Con los movimientos propios y errores derivados de este trabajo (tabla 13), este criterio calificaría al par como de MPC, y con un valor para T = 135 el sistema se consideraría físico con una probabilidad del 99%.

Conclusión

En base a los datos obtenidos en este trabajo nos encontraríamos ante un nuevo sistema de tipo Sirio, formado por una estrella **G8V** de magnitud **10,71** y una **enana blanca** con una magnitud **20,36** con masas muy similares de **0,85** y **0,8** para la componente A y B respectivamente y situadas a una distancia común de unos 100 parsecs. Criterios de binariedad como el de Sinachopoulos, basados en la mecánica celeste, indican que se trata de una binaria física y que no podemos descartar que sus componentes giren en torno a un centro de masas común.

Criterios como el de J. L. Halbwachs, o bien si determinamos la naturaleza del par mediante los movimientos propios, tal como explica Francisco Rica en su artículo de OED n° 10 (pág. 92), este se consideraría de movimiento propio común.

En este trabajo no se ha tenido en cuenta el criterio de Jean Dommaget, que calificaría al par como no físico, ya que usa una relación masa-luminosidad para estrellas de la secuencia principal y nuestra secundaria parece no pertenecer a esta secuencia.

Por tanto, concluyo diciendo que este par forma un **sistema físico de movimiento propio común** cuyas componentes no forman una pareja orbital. Es decir, que no giran en torno a un centro de masas. La distancia y movimientos propios similares parecen indicar el origen común del sistema.

Debemos tener en cuenta que los datos astrométricos de este trabajo son pocos y que debido a la saturación de la estrella primaria y al bajo brillo de la secundaria éstos seguramente no serán de buena calidad. Por lo tanto, los resultados de este estudio debemos tomarlos con cautela, haciéndose necesaria la obtención de datos más fiables que podrían incluso determinar la existencia de relación gravitatoria entre ambas componentes.

Este par no se encuentra catalogado, por lo que lo he denominado provisionalmente como **GUT 1**, sin embargo lo más interesante es que la estrella secundaria tampoco se encuentra catalogada como enana blanca, así que este estudio adquiere mayor valor. Probablemente **hemos descubierto una nueva enana blanca**.

Agradecimientos

Agradecer tanto a Rafael Benavides como a Francisco Rica por los consejos y correcciones ante las dudas surgidas en la elaboración de este artículo, así como por la oportunidad de publicarlo en el OED. También a todos aquellos aficionados que dan a conocer sus trabajos, ya que estos me han servido como guía.

En este trabajo se ha hecho uso de ALADIN bajo plataforma Java que permite la consulta interactiva de diversos catálogos así como de imágenes procedentes de diversos Surveys. Aladin: Centre de Données astronomiques de Strasbourg.

Para las medidas de AR y DEC sobre las placas del DSS se utilizó el software *fv* 4.2 facilitado por High Energy Astrophysic Science Archive Research Center (HEARSAC) en NASA/GSFC.

Se ha hecho uso del software RhoThetaRAA disponible en la web de GEDRAA para transformar la astrometría absoluta en relativa.

Se ha hecho uso del software REDUC desarrollado por el doblista Florent Losse para medir sobre las placas del DSS theta y rho.

Este trabajo ha hecho uso del software ELBRUS (elemento localizador por brújula sidérea), este programa gratuito ayuda a saber hacia dónde apunta el telescopio. En esta ocasión se utilizó para determinar el ángulo de rotación de las imágenes del DSS.

En este trabajo se ha hecho uso del software DUPLEX (desarrollado por GEDRAA) para el estudio fotométrico del par, con él se han obtenido datos como distancias, movimientos propios, índices de color y clases espectrales.

En este trabajo se ha hecho uso de la hoja de cálculo Excel de Francisco Rica. ASTRONOMIA_ver1.5.16.

En este trabajo se ha hecho uso de la hoja de Excel de Francisco Rica para el cálculo de los movimientos propios y sus errores. Proper Motion Calculation v1.5 (20131116). 

Referencias

- Dahn, C. C. *et al.*, 1982, AJ, 87, 419.
- Greaves, J., 2006. http://www.aerith.net/astro/color_conversion.html
- Holberg, J. B., *et al.*, 2013, *Where are all the Sirius-Like Binary Systems?*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 435, Issue 3, 2077-2091.
- Jester, S. *et al.*, 2005, The Sloan Digital Sky Survey View of the Palomar-Green Bright Quasar Survey, The Astronomical Journal, Volume 130, Issue 3, 873-895.
- Karaali, S.; Bilir, S.; Tunçel, S., 2005, *New Colour Transformations for the Sloan Photometry, and Revised Metallicity Calibration and Equations for Photometric Parallax Estimation*, Publications of the Astronomical Society of Australia, Volume 22, Issue 1, 24-28.
- Lang, K. R., *Astrophysical Data: Planets and Stars*, Springer-Verlag, New York, 1992.
- Lupton, R. C., 2005, Transformations between SDSS magnitudes and UBVRIc, <http://www.sdss.org/dr4/algorithms/wdssUBVRITransform.html#Lupton2005>
- Masa, E. R., 2007, SDSS J001708.1-102649.5 & SDSS J001707.99-102647.3: Serendipitous Discovery of a New Binary System Candidate, JDSO, vol. 3, nº 1, 34.
- Mason, B. D., Wycoff, G. L., Hartkopf, W. I., Douglas, G. G., Worley, C. E., The Washington Visual Double Star Catalog (WDS). <http://ad.usno.navy.mil/wds>
- Reed, B. C., 1998, *The Composite Observational-Theoretical HR Diagram*, Journal of the Royal Society of Canada, vol. 92, 36-37.
- Rica, F., 2004, *Criterio de caracterización de J. L. Halbwachs: Relación entre r y m*, Circular Nº 6 Sección Estrellas Dobles LIADA, 33.
- Rica, F., 2008, *Cómo descubrir nuevas enanas blancas*. Universo Digital, nº 55, LIADA.
- Rica, F., 2011, *Determining the nature of a Double Star: The Law of Conservation of Energy and the Orbital Velocity*, JDSO, vol. 7, nº 4, 254.
- Sinachopoulos, D., Mouzourakis, P., 1992, *Searching for Optical Visual Double Stars, Complementary Approaches to Double and Multiple Star Research*, ASP Conference Series, Vol. 32, IAU Colloquium 135, H. A. McAlister and W. I. Hartkopf, Eds., 252.

Un nuevo sistema de movimiento propio común en Aquila

A new common proper motion system in Aquila

Lluís Ribé de Pont

- Agrupación Astronómica de Sabadell (AAS)
- Correo-e: luisribedepont@gmail.com

En este trabajo presento los resultados del estudio de las estrellas 2MASS 19454975+0156477 y 2MASS 19460289+0158367 como componentes de un sistema de movimiento propio común con denominación provisional PNT 2. Se muestran los datos sobre la cinemática, fotometría y astrometría relativa del sistema y se realiza una estimación de las magnitudes absolutas, la distancia a la que se encuentran ambas componentes y sus masas. Se estudia la posible relación gravitacional. Se concluye que ambas componentes pueden considerarse una pareja de movimiento propio común.

In this paper we present the results of the study of 2MASS 19454975+0156477 and 2MASS 19460289+0158367 as components of a common proper motion pair (CPMP) named PNT 2 as provisional designation. We show data about the kinematic, photometry and relative astrometry of the system and we assess the absolute visual magnitude, the distance and the mass of both components. The possible gravitational relationship is studied to see if this is a physical pair. We conclude that this system is a CPMP.

Introducción

PRESENTAMOS EL DESCUBRIMIENTO de un nuevo par de movimiento propio común, que denominamos provisionalmente PNT 2. Se localiza en la constelación de Aquila y fue encontrado al revisar imágenes digitalizadas con la herramienta Aladin. Está formado por las estrellas 2MASS 19454975+0156477 (primaria) y 2MASS 19460289+0158367 (secundaria).

Debido a la compatibilidad de movimientos propios hemos hecho un estudio cinemático, astrométrico y astrofísico con el propósito de conocer las características de las estrellas que conforman el sistema PNT 2, y hemos aplicado de algún criterio astrofísico para poder establecer la posible naturaleza del par.

En la figura 1 (página siguiente) hemos realizado una comparación de placas obtenidas en Monte Palomar en 1950 y 1991 mediante el empleo de la herramienta RGB de Aladin. Se advierte que ambas estrellas poseen un movimiento propio significativo.

Fotometría

Hemos de determinar el tipo de espectro de las estrellas que constituyen el sistema. Para esto necesitamos las magnitudes fotométricas y los índices de color. Lo hacemos con el programa Aladin (1). Ver tabla 1.

En función de las fotometrías en bandas BVIJHK se ha podido trazar la distribución espectral de energía. Las tablas de Mamajek (2) nos han dado que el tipo espectral de la primaria es F9 y el de la secundaria G1. Con el Excel “Astronomía_ver.1.5.15” de Francisco Rica hemos obtenido las gráficas de distribución espectral de energías (figuras 2 y 3).

Para conocer qué clase de estrellas componen nuestro sistema es necesario determinar la clase de luminosidad, es decir, si es una estrella enana o es una gigante. Para esto utilizamos el diagrama color-color en donde cada eje presenta un índice de color. En nuestro caso son J-H y H-K. Nuestras estrellas son de la secuencia principal y por el lugar que ocupan en la

Fuente	Banda	A	error	B	error
2MASS	J	8,745	0,019	9,17	0,021
2MASS	H	8,497	0,044	8,892	0,024
2MASS	K	8,428	0,023	8,84	0,021
UCAC 4	V	9,788	0,01	10,34	0,03
UCAC 4	B	10,451	0,1	11,008	0,02
TYCHO 2	Vt	10,033	0,047	10,534	0,071
TYCHO 2	Bt	10,532	0,048	11,201	0,084
NOMAD 1	V	9,888		10,473	
NOMAD 1	B	10,412		11,04	

Tabla 1. Fotometría según varias fuentes.

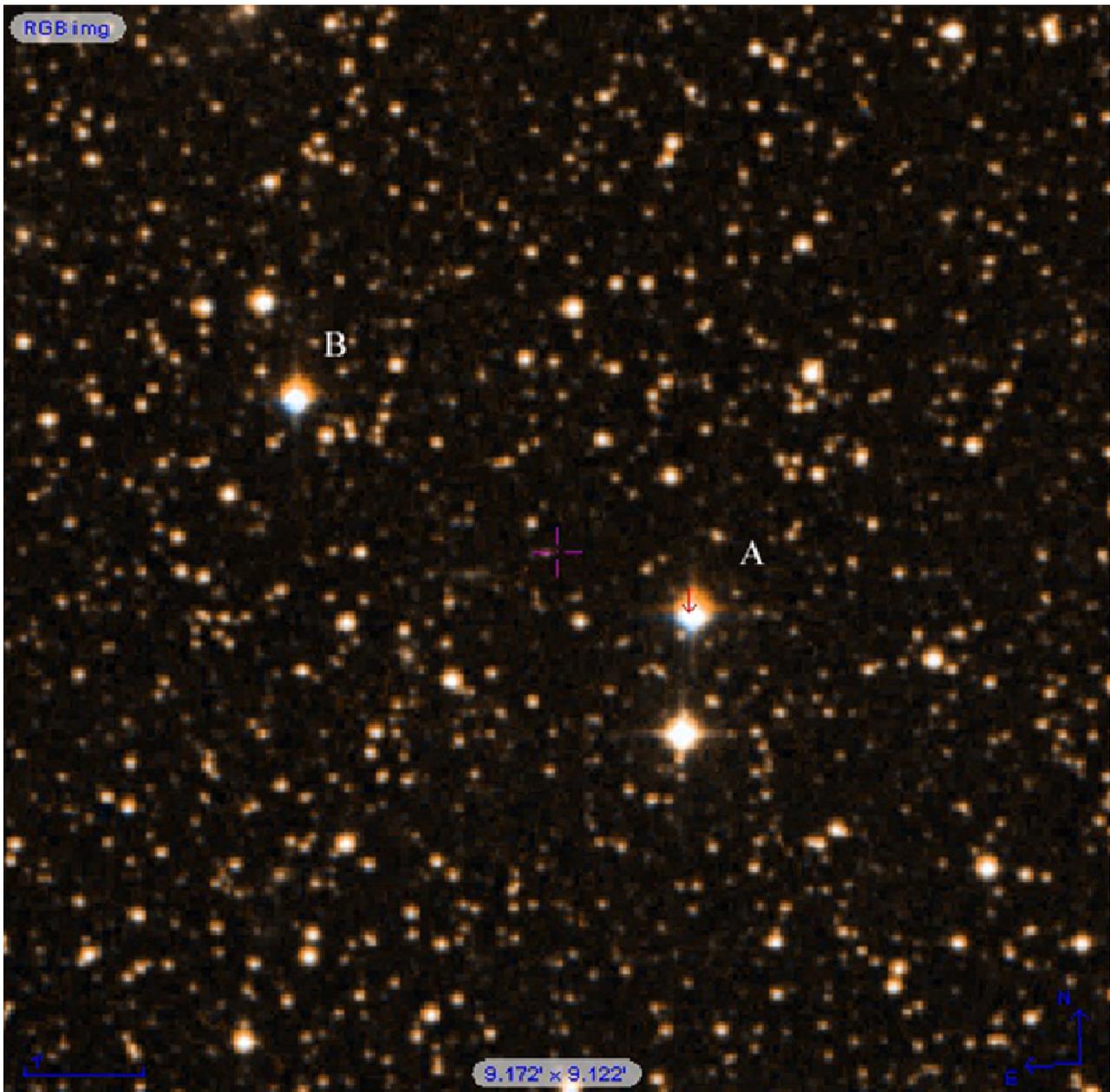


Figura 1. Imagen del sistema PNT 2 obtenida del DSS.

tabla podemos decir que podrían ser enanas o gigantes.

Determinación de la magnitud absoluta

Conocido el tipo espectral y la clase de luminosidad, usando las tablas de Mamajek tenemos:

$$\begin{aligned} M_v(A) &= 4,15 \\ M_v(B) &= 4,5 \end{aligned}$$

Determinación del módulo de la distancia

Conociendo la magnitud aparente y la magnitud absoluta podemos calcular el módulo de la distancia,

que es la diferencia entre ambos valores y a partir de éste la distancia de ambas componentes en parsecs.

$$V - M_v = 5 \log d - 5$$

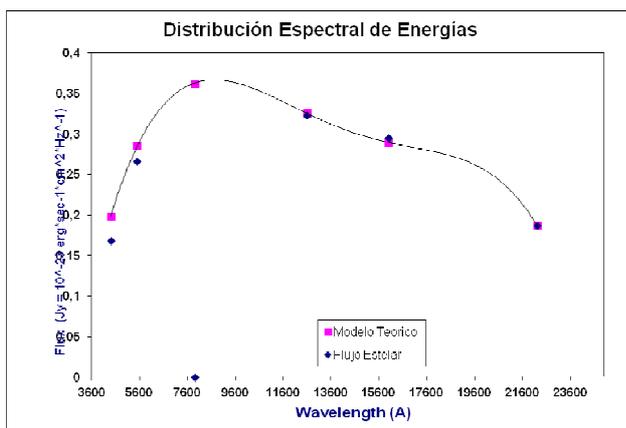
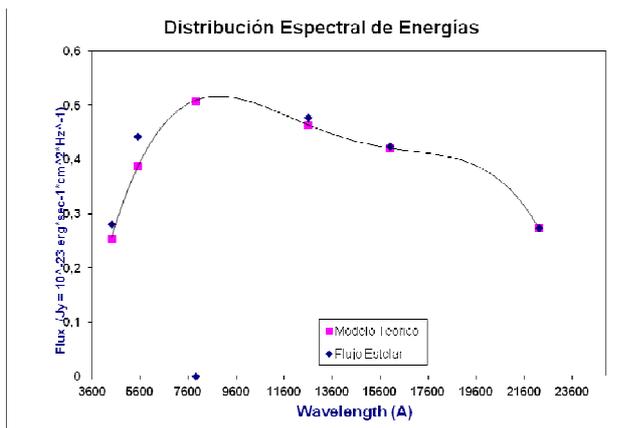
Para la componente A:

$$\begin{aligned} \text{Módulo de la distancia} &= 5,738 \\ d &= 140,4 \text{ pc} \end{aligned}$$

Para la componente B:

$$\begin{aligned} \text{Módulo de la distancia} &= 5,695 \\ d &= 137,72 \text{ pc} \end{aligned}$$

Estas distancias tan parecidas nos hablan de la probabilidad de que este par tenga una relación física y un origen común.



Figuras 2 (arriba) y 3 (abajo). Distribución espectral de energías (componente A, arriba; B, abajo).

Masas del sistema

Usando las tablas de Mamajek, hemos llegado a que las masas del sistema son:

- M (A) = 1,14 masas solares
- M (B) = 1,07 masas solares

	V	Mv	Masa	Espectro	Distancia
A	9,888	4,15	1,14	F9	140,4 pc
B	10,412	4,5	1,07	G1	137,72 pc

Tabla 2

La tabla 2 muestra los datos obtenidos del sistema PNT 2.

Movimiento propio

Extraemos el Movimiento propio del catálogo PPMXL.

Estos MP están en msa/año y habrá que hacer los cálculos con "/año.

Movimiento propio total de la componente A:

$$MP(A)^2 = MP(A)AR^2 + MP(A)Dec^2$$

$$MP(A) = 0,086 \pm 0,0022 \text{ "/año}$$

Movimientos propios PPMXL				
	AR	error	Dec	error
A	+29	1,7	-80,5	1,7
B	+30,9	1,8	-81,8	1,8

Tabla 3. Movimientos propios de PNT 2 según PPMXL.

Hacemos lo mismo para la componente B:

$$MP(B)^2 = MP(B)AR^2 + MP(B)Dec^2$$

$$MP(B) = 0,088 \pm 0,002 \text{ "/año}$$

Ambos movimientos son muy similares, lo que nos hace pensar en un movimiento propio común (MPC).

Para ver si es un par MPC también podemos aplicar la fórmula:

$$(\mu A^2 - \mu B^2) < -2 (\sigma A^2 + \sigma B^2) \ln 0,05$$

Nos da que sí es de MPC.

Utilizando el Excel "Test de Movimientos propios", de Francisco Rica, nos sale que tiene una probabilidad del 92 % de ser MPC.

Obtención del movimiento propio reducido de cada componente del par

El movimiento propio reducido es la magnitud que tendría una estrella para la cual su movimiento propio sea de 0,1 "/año. Para ello aplicamos la siguiente fórmula:

$$H = m + 5 \log(\mu) + 5$$

Donde:

- H: movimiento propio reducido
- m: magnitud aparente
- μ : movimiento propio total

Conociendo el movimiento propio reducido y el índice de color B-V indicador en la tabla 1, podemos

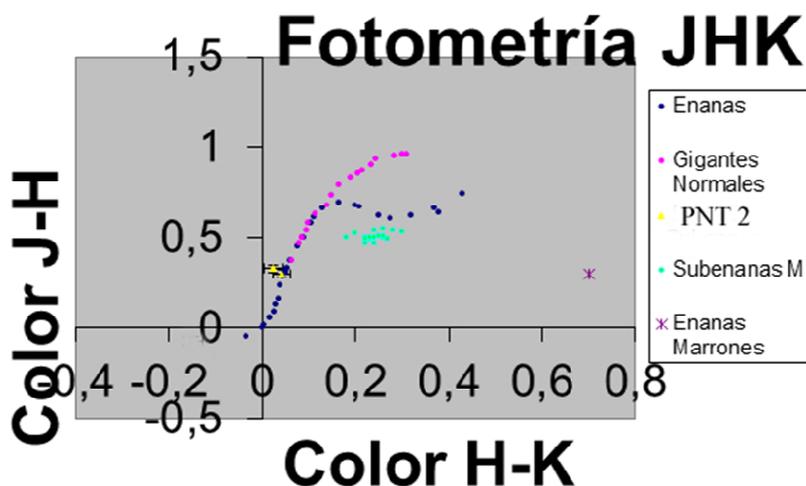


Figura 4. Diagrama de doble color.

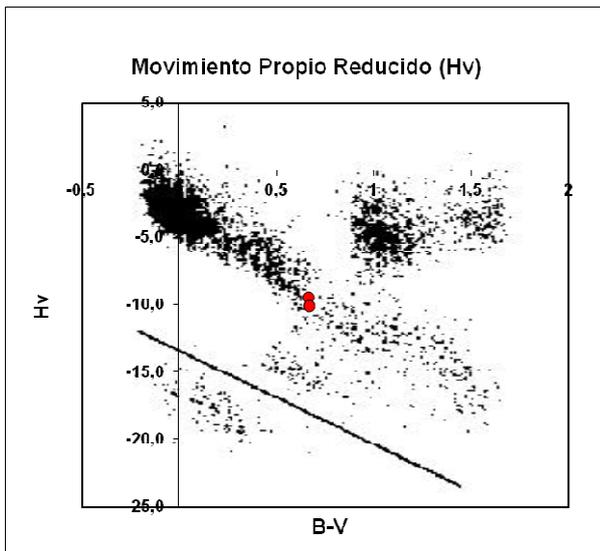


Figura 5. Movimiento propio reducido.

determinar gráficamente en qué zona del diagrama HR se encuentra nuestro par y por lo tanto deducir si se trata de estrellas gigantes o enanas.

Calculemos ahora H para las componentes A y

B:

$$H(A) = 9,56$$

$$H(B) = 10,195$$

Conociendo los valores H y el índice de color B-V, podemos conocer, interpolando estos valores en la siguiente gráfica, que las estrellas de PNT 2 se encuentran en la secuencia principal y pueden ser tanto estrellas enanas como gigantes.

Vemos que la Mv (cfr. tabla 2) de las estrellas es más típica de las gigantes. Con el Excel *Astronomía_ver.1.5.15* hemos visto que la velocidad tangencial, Vt, de la primaria es 54 km/s y la de la secundaria 61 km/s con lo que bien podrían ser estrellas gigantes, ya que estas velocidades tangenciales son típicas de las estrellas de disco. También podrían ser enanas, pero con una velocidad tangencial más baja de lo que habitual. Por lo tanto concluimos con que no podemos determinar la clase de luminosidad.

Astrometría

Medimos los parámetros de theta (θ) y rho (ρ) en las imágenes digitalizadas procedentes del DSS con el software *Reduc* (3) de Florent Losse, pero previamente realizamos una reducción astrométrica de las imágenes con el programa *Astrometrica* (4) para establecer la escala de imagen y la orientación de la misma.

También utilizamos los catálogos AC 2000, WISE y CPC2, donde a partir de las coordenadas deducimos la separación angular y el ángulo de posición con un pequeño programa.

	Época	Rho	Theta
AC 2000	1909,567	224,95	60,98
POSSI	1950,526	223,74	60,85
CPC2	1968,658	225,1	61,03
POSSII-F	1991,458	224,98	60,96
POSII-J	1990,562	224,75	60,93
2MASS	1997,6	224,78	61,05
WISE (catálogo)	2010,5	225,03	61,04

Tabla 4. Astrometría relativa de PNT 2.

En total hemos obtenido 7 mediciones astrométricas entre 1909 y 2010. En la tabla 4 se exponen las astrometrías relativas de este par. Las figuras 6 y 7 muestran la evolución temporal de θ y ρ . En las gráficas podemos ver que todo apunta a que es un par de movimiento propio común.

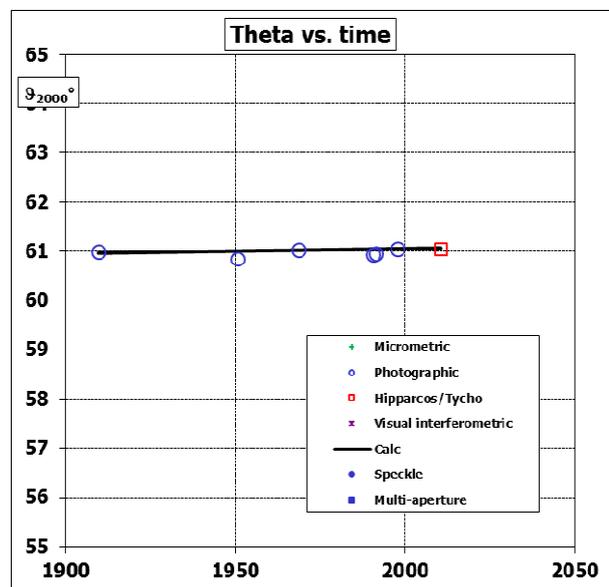


Figura 6. Evolución en el tiempo del ángulo de posición.

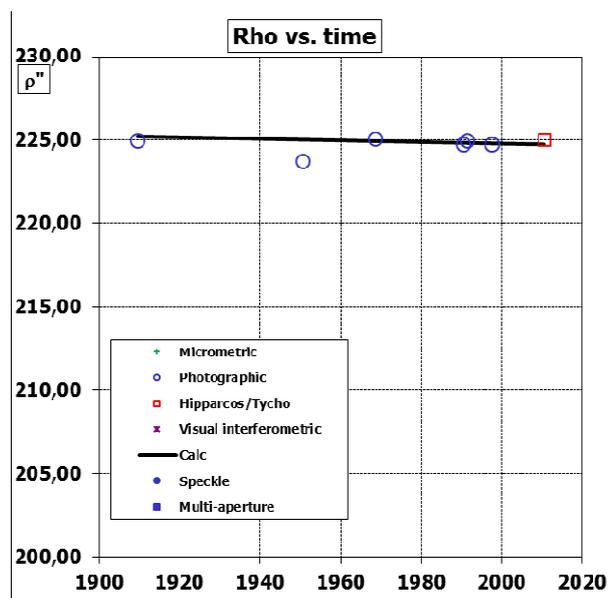


Figura 7. Evolución en el tiempo de la separación angular.

Estos gráficos los obtenemos con un Excel de Francisco Rica (*Relative Motion Calculator*). Los mismos nos dan el valor de la variación de “x” e “y” respecto al tiempo (x e y son las coordenadas rectangulares).

$$\begin{aligned} dx/dt &= -2,6 \pm 2,2 \\ dy/dt &= -4,6 \pm 2,0 \end{aligned}$$

De todo esto tenemos que el movimiento propio relativo de la secundaria con respecto a la primaria es:

$$\Delta\mu = \text{raíz} \left((dx/dt)^2 + (dy/dt)^2 \right)$$

De estos valores concluimos que el movimiento relativo ($\Delta\mu$) es de $5,28 \pm 2,9$ msa/año.

Vemos en la escasa pendiente de estas gráficas (figuras 6 y 7) que la astrometría ha permanecido invariable a lo largo del tiempo lo que nos hace pensar en un sistema con movimiento propio común (MPC).

Cinemática

Para este apartado y el siguiente me he basado en un trabajo de Francisco Rica (5).

a) Velocidad tangencial

Con las variaciones de “x” e “y” respecto al tiempo calculamos la velocidad relativa o velocidad tangencial, que de hecho es la variación de la velocidad tangencial de B respecto a A.

Tenemos que la velocidad tangencial es:

$$V_{\text{tan}} = 4,74 * \text{distancia} * \Delta\mu$$

Si la distancia es 140 pc, resulta:

$$V_{\text{tan}} = 3,44 \text{ km/s}$$

b) Velocidad de escape

$$V_{\text{esc}} = \text{raíz} \ 2 * G * M_{\text{total}} / r$$

Como no podemos conocer “r” utilizamos “s” que es la proyección de “r”

$$s = \rho \text{ (arcosegundos)} * \text{distancia (parsec)}$$

De modo que:

$$s = 31360 \text{ ua}$$

resultando:

$$V_{\text{esc}} = 0,35 \text{ km/s}$$

c) Velocidad orbital máxima

$$\begin{aligned} V_{\text{orb_máx}} &= 29,78 * \text{raíz} (M+m) / s \\ V_{\text{orb_máx}} &= 0,25 \text{ km/s} \end{aligned}$$

$\Delta\mu$	$5,28 \pm 2,9$ msa/año
V_{tan}	$3,36 \pm 1,8$ km/s
V_{esc}	0,34 km/s
Vorb máx	0,21 km/s

Tabla 5

En la tabla 5 se recogen estas velocidades.

Naturaleza del par

Al estudiar las relaciones entre la V_{tan} y la V_{esc} o $V_{\text{orb_máx}}$ vemos claramente que no hay una relación gravitacional. El valor de la V_{tan} es muy elevado.

Para que fuese un par físico tendría que cumplirse (Rica, 2014) (4):

$$\begin{aligned} V_{\text{tan}} &< V_{\text{orb_máx}} \\ V_{\text{tan}} &< V_{\text{esc}} \end{aligned}$$

Y eso no se cumple, por lo que no hay una relación gravitacional.

Conclusión

PNT 2 probablemente forma un sistema binario formado por componentes de origen común no unidos gravitacionalmente.

Agradecimientos

Manifiesto mi agradecimiento a Francisco Rica por su acompañamiento y ayuda a lo largo de este trabajo y las herramientas que ha puesto a mi disposición.

Referencias

- [1] Aladin. Centre de Données astronomiques de Strasbourg: <http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>
- [2] Tablas de Mamajek: http://www.pas.rochester.edu/~emamajek/EEM_dwarf_UB-VIJK_colors_Teff.txt
- [3] Reduc. Florent Losse: <http://astrosurf.com/hfosaf/>
- [4] Raab H., 1993-2011, Software *Astrometrica*. Disponible en: <http://www.astrometrica.at>
- [5] Rica, F. M., 2011, *Determining the Nature of a Double Star: The Law of Conservation of Energy and the Orbital Velocity*, 2011, JDSO, 7, 254.

Nuevos sistemas de movimiento propio común

New common proper motion systems

Carlos Alberto Lasgoity

- Liga Iberoamericana de Astronomía (LIADA), Grupo de Estrellas Dobles de la RAA (Argentina)
- Correo-e: caalla50@yahoo.com.ar

Presentamos el resultado de una búsqueda de nuevos pares con movimiento propio común obtenidos por comparación de placas fotográficas originadas en el Observatorio de Monte Palomar, adecuadamente separadas en el tiempo y cuya digitalización fuera puesta a disposición por el Centro de Datos Astronómicos de Estrasburgo, mediante el Aladin Sky Atlas.

We present here the result of a search of new pairs with common proper motion obtained by comparison of photographic plates originated at the Mount Palomar Observatory, suitably separated in time and whose digitalization went make available by Centre de Données Astronomiques de Strasbourg, by the Aladin Sky Atlas.

Introducción

PUESTO DE MANIFIESTO un importante movimiento propio común por comparación de placas, se confirmaron los mismos mediante la consulta a diversos catálogos, principalmente PPMXL, SDSS DR9, UKIDSS y UCAC4. Los nuevos pares detectados se encuentran identificados por sus coordenadas J2000 en la tabla 1*, donde se detallan también los movimientos propios que son informados por los catálogos indicados.

Fotometría

Se recurrió a los catálogos 2MASS, USNO-B1.0, CMC 14 y SDSS DR9. Comparándose en los casos posibles con información aportada por el UCAC4 y APASS (tabla 2).

Astrometría relativa

Con las coordenadas informadas por los catálogos que se detallan y mediante el programa informático de A. Garro “*RhoThetaRAA*” se calcularon las astrometrías relativas para las distintas épocas (tabla 3).

Estimación del tipo espectral

Para la determinación de la magnitud V, se empleó la hoja de cálculo de F. Rica de transformaciones de fotometría a UBVRI y determinación de magnitud V ponderada, obteniéndose también los colores

B-V y V-I (tabla 4). Mediante la planilla de cálculo “Astronomía” de F. Rica se calcularon los posibles espectros en base a su distribución espectral de energías (tabla 4). Se emplearon complementariamente las tablas de caracterización astrofísica elaboradas por E. Mamajek. Conocidos sus espectros se determinaron sus magnitudes absolutas y las correcciones bolométricas correspondientes a cada componente (tabla 4). Las correcciones por extinción y enrojecimiento se calcularon solo sobre los pares con latitud galáctica menor a los 50°.

Distribución Espectral de Energía - Diagramas de Movimiento Propio Reducido - Doble Color JHK

El análisis conjunto de los diagramas de movimiento propio reducido y doble color infrarrojo nos permiten concluir que se trata en la mayoría de los casos de estrellas enanas de secuencia principal. **Las componentes secundarias de LAS 13 Y LAS 16, pueden ser identificadas como enanas blancas.**

— **LAS 10 – 2MASS 09001416+1124405** - Espectros determinados (figura 1 y figura 2) – Diagramas Movimiento Propio Reducido (figura 3) y Diagrama doble color JHK (figura 4).

— **LAS 11 – 2MASS 09180492+2537198** - Espectros determinados (figura 5 y figura 6) – Diagramas Movimiento Propio Reducido (figura 7) y Diagrama doble color JHK (figura 8).

(*) **Nota del editor:** Dado el elevado número de gráficos, tablas e imágenes que aparecen en el artículo, así como para facilitar su lectura y la consulta del mismo, aparecen agrupadas en las páginas finales.

— **LAS 12 – 2MASS 0953551+1242109** - Espectros determinados (figura 9 y figura 10) – Diagramas Movimiento Propio Reducido (figura 11) y Diagrama doble color JHK (figura 12).

— **LAS 13 – 2MASS 09551577+2458071** - Espectros determinados (figura 13) – Diagrama Movimiento Propio Reducido (figura 14).

La componente secundaria, de acuerdo con el diagrama de movimiento propio reducido, y teniendo en cuenta su color $B-V = 0,06$, se identifica como una enana blanca de espectro A2, analizada la distancia bajo este supuesto resulta razonablemente coincidente con la distancia determinada para la componente principal, siendo la probabilidad de que ambas componentes se encuentren a la misma distancia del 89% (ver tabla 5). Calculando su posible magnitud absoluta de acuerdo a las fórmulas del USNO para enanas blancas resultan ser: 11,85 (enanas blancas secuencia degenerada); 12,22 (enanas blancas no DA) y 11,60 (enanas blancas DA). No existiendo una diferencia entre determinaciones más amplia que una magnitud, no parece desacertada la adopción de la última por ser la correspondiente a las enanas blancas más frecuentes.

— **LAS 14 – 2MASS 10051380+1854140** - Espectros determinados (figura 15 y figura 16) – Diagramas Movimiento Propio Reducido (figura 17) y Diagrama doble color JHK (figura 18).

— **LAS 15 – 2MASS 10163784+1154380** - Espectros determinados (figura 19 y figura 20) – Diagramas Movimiento Propio Reducido (figura 21) y Diagrama doble color JHK (figura 22).

— **LAS 16 – 2MASS 10443370+0724380** - Espectros determinados (figura 23) – Diagrama Movimiento Propio Reducido (figura 24).

En este caso también se da que la componente secundaria, de acuerdo con el diagrama de movimiento propio reducido, y su color $B-V = 0,11$, resulta ser probablemente una enana blanca de espectro A3. Al analizar la distancia resulta sumamente coincidente con la distancia determinada para la componente principal con una probabilidad de ser la misma del 99% (ver tabla 5). Su magnitud absoluta de acuerdo a las fórmulas del USNO para enanas blancas resultan ser: 12,19 (enanas blancas secuencia degenerada), 11,92 (enanas blancas no DA) y 12,47 (enanas blancas DA). Para cálculos posteriores se empleó esta última magnitud absoluta, considerándola la más probable.

— **LAS 17 – 2MASS 11141645+0424494** - Espectros determinados (figura 25 y figura 26) – Diagramas Movimiento Propio Reducido (figura 27) y Diagrama doble color JHK (figura 28).

— **LAS 18 – 2MASS 114644570+0931488** - Espectros determinados (figura 29 y figura 30) – Dia-

gramas Movimiento Propio Reducido (figura 31) y Diagrama doble color JHK (figura 32).

Cálculo de las distancias

La obtención del módulo de distancia - Magnitud visual menos Magnitud absoluta – nos permite con la fórmula $m-M = 5 - 5 \cdot \log d$, conocer las distancias fotométricas de cada componente (tabla 5).

Determinación de temperatura efectiva – Masa probable y otros parámetros estelares

De acuerdo con los índices de color que se han obtenido tanto desde la fotometría UBVRI como desde la JHK, nos es posible calcular la temperatura efectiva con diversas fórmulas (tabla 6).

En función de los datos estelares que se han determinado –magnitudes visual y absoluta, temperatura superficial y corrección bolométrica- estamos en condiciones de calcular otros parámetros estelares (tabla 6).

Posible naturaleza de los nuevos sistemas

Diversos criterios como los de Dommanget, Van de Kamp y Sinachopoulos, nos indican en todos los casos que no es probable que exista relación orbital y consideran que se trata de pares de naturaleza óptica.

Los movimientos propios comunes ponen de manifiesto que se trata de pares de este tipo. Satisfacen el criterio de Halbwachs, presentando una relación $T(\theta/\mu)$ que nos permite considerarlos MPC con un alto porcentaje de probabilidad de relación física según el criterio de F. Rica. Por otro lado presentan una importante probabilidad de encontrarse ambas componentes a la misma distancia (tabla 7).

Galería Fotográfica

Se acompañan las imágenes obtenidas por comparación de placas fotográficas mediante el software “Aladin”, utilizando la composición RGB, y sobre ella la gráfica del movimiento propio informado por los catálogos seleccionados según la tabla 1. ©

Agradecimientos y Referencias

A “El Observador de Estrellas Dobles”, a sus editores Rafael Benavides Palencia, Juan-Luis González Carballo y Edgardo Masa Martín.

Hemos empleado en este trabajo los programas e informaciones aportadas por:

Aladin del Centro de Datos Astronómicos de Es-

trasburgo

PPMXL catalog of positions and proper motions on the ICRS

Carlsberg Meridian Catalog 14

U. S. Naval CCD Astrograph Catalog (UCAC 4)

Sloan Digital Sky Survey R9

Washington Double Star Catalog – United States Naval Observatory

Two micron all sky survey (2MASS) – Massachusetts University. – Infrared Processing & Analysis Center UKIDSS Infrared Deep Sky Survey

NASA/IPAC Infrared Science Archive

Reduc de Florent Losse

Tablas de caracterización y cálculo de Francisco Rica, Alejandro Garro y Eric E. Mamajek



	COMP.	AR	DEC	MP EN AR (msa)	MP EN DEC (msa)	FUENTE
LAS 10	A	09 00 14,16	11 24 40,5	-53,22 ± 5	-84,16 ± 5	SDSS
	B	09 00 13,69	11 24 38,1	-50,17 ± 5	-82,92 ± 5	SDSS
LAS 11	A	09 18 04,92	25 37 19,8	-35,8 ± 3,7	-6,7 ± 3,7	PPMXL
	B	09 18 05,72	25 37 23,9	-31,2 ± 3,7	-6,2 ± 3,7	PPMXL
LAS 12	A	09 53 55,11	12 42 10,9	-36,7 ± 6,5	-16,0 ± 7,3	NOMAD
	B	09 53 55,82	12 42 01,7	-35,7 ± 2,3	-18,4 ± 2,6	UCAC4
LAS 13	A	09 55 15,77	24 58 07,1	22,0 ± 3,0	-39,0 ± 3,0	SDSS DR9
	B (1)	09 55 15,15	24 58 01,6	23,0 ± 3,0	-40,0 ± 3,0	SDSS DR9
LAS 14	A	10 05 13,80	18 54 14,0	-24,0 ± 3,0	-66,0 ± 3,0	SDSS DR9
	B	10 05 13,29	18 54 12,8	-30,4 ± 4,2	-65,5 ± 4,2	PPMXL
LAS 15	A	10 16 37,84	11 54 38,0	-54,3 ± 3,1	-66,8 ± 3,1	UKIDSS
	B	10 16 37,66	11 54 41,1	-56,1 ± 3,1	-64,4 ± 3,1	UKIDSS
LAS 16	A	10 44 33,70	07 24 38,0	9,0 ± 3,8	-46,8 ± 3,8	PPMXL
	B (1)	10 44 33,47	07 24 46,3	7,4 ± 5,0	-45,0 ± 5,0	PPMXL
LAS 17	A	11 14 16,45	04 24 49,4	67,6 ± 6,6	-125,2 ± 6,6	UKIDSS
	B	11 14 16,20	04 24 54,6	67,3 ± 6,6	-134,0 ± 6,6	UKIDSS
LAS 18	A	11 46 45,70	09 31 48,8	11,2 ± 15,5	-77,8 ± 15,5	UKIDSS
	B	11 46 45,98	09 31 40,0	-0,5 ± 15,6	-78,9 ± 15,6	UKIDSS

Tabla 1. Coordenadas 2MASS y movimientos propios según fuente indicada.

Nota (1): Coordenadas según SDSS DR 9, estas estrellas no emiten en infrarrojo con energía suficiente como para ser captadas por el 2MASS.

	2MASS			USNO-B1.0			CMC14		SDSS – DR 9				
	J	H	K	B2	R2	I	r'	u	g	r	i	z	
LAS 10	A	12,543	11,886	11,778	15,82	13,09	13,29	14,480	18,123	15,832	14,595	14,020	13,693
	B	12,856	12,228	12,026	16,12	-	13,20	14,961	18,965	16,477	15,089	14,406	14,034
LAS 11													
A	13,617	13,007	12,776	16,99	15,32	14,41	15,862	19,842	17,156	15,788	15,182	14,853	
B	14,248	13,640	13,463	18,47	16,70	15,24	17,111	21,048	18,528	17,096	16,113	15,563	
LAS 12													
A	12,368	11,767	11,517	17,79	15,11	13,51	15,359	19,403	16,794	15,396	14,298	13,708	
B	12,632	12,003	11,760	17,84	15,27	13,72	15,579	19,571	16,997	15,617	14,524	13,943	
LAS 13													
A	13,753	13,154	12,888	19,04	16,62	14,47	16,663	20,772	18,218	16,789	15,688	15,108	
B	-	-	-	19,07	18,91	-	-	18,595	18,225	18,461	18,707	18,976	
LAS 14													
A	13,406	12,762	12,594	17,03	15,43	-	15,686	19,635	17,073	15,716	15,023	14,655	
B	14,253	13,654	13,461	-	-	-	16,808	21,032	18,561	17,170	16,138	15,598	
LAS 15													
A	12,112	11,399	11,234	-	-	-	14,316	18,584	15,980	14,577	13,788	13,371	
B	12,382	11,714	11,519	-	-	-	15,092	19,158	16,537	15,121	14,187	13,686	
LAS 16													
A	12,399	11,733	11,516	16,69	14,43	13,34	14,995	18,882	16,454	15,018	14,191	13,725	
B	-	-	-	18,22	17,97	18,58	-	18,502	18,061	18,228	18,388	18,616	
LAS 17													
A	9,778	9,430	9,335	11,51	10,79	10,49	10,941	14,222	15,633	11,060	10,868	11,954	
B	12,162	11,628	11,393	-	-	-	-	19,616	16,777	15,310	14,158	13,589	
LAS 18													
A	11,822	11,505	11,478	13,41	12,55	11,90	12,933	15,013	13,528	13,047	12,915	13,276	
B	14,443	13,786	13,676	17,57	15,15	-	16,674	20,803	18,078	16,725	16,000	15,630	

Tabla 2. Magnitudes según catálogos consultados.

	ÉPOCA	FUENTE	θ°	ρ''
LAS 10				
	1951,905	USNO A-2	250,5	7,41
	1986,996	GSC 2.3	251,7	7,15
	2000,115	2MASS	251,0	7,37
	2001,065	CMC 14	251,0	7,33
	2005,866	SDSS DR9	251,0	7,35
	2006,084	SDSS DR9	251,0	7,36
	2007,301	UKIDSS	251,0	7,35
LAS 11				
	1951,092	USNO A-2	68,8	11,45
	1979,200	USNO B-1	69,2	11,62
	1991,710	PPMXL	69,2	11,63
	1998,299	GSC 2.3	70,1	11,66
	1999,225	2MASS	69,2	11,62
	2004,288	SDSS DR9	66,4	10,37
LAS 12				
	1950,000	USNO B-1	131,6	13,88
	1954,153	USNO A-2	131,2	13,86
	1991,530	PPMXL	131,6	13,87
	1994,247	GSC 2.3	131,5	13,92
	1999,222	2MASS	131,5	13,88
	2002,119	CMC 14	131,8	13,97
	2003,076	SDSS DR9	131,7	13,87
LAS 13				
	1995,218	USNO A-2	238,6	10,13
	1972,980	PPMXL	239,2	10,13
	1991,261	GSC 2.3	238,4	10,04
	2004,957	SDSS DR9	238,5	10,12
LAS 14				
	1998,067	2MASS	260,3	7,29
	1998,990	GSC 2.3	260,6	7,23
	2005,189	SDSS DR9	260,8	7,29
LAS 15				
	2000,156	2MASS	318,5	4,06
	2000,350	UCAC 4	319,0	4,10
	2003,075	SDSS DR9	318,7	4,12
	2003,982	SDSS DR 9	318,5	4,12
	2010,078	UKIDSS	318,6	4,12
LAS 16				
	1953,285	USNO A2	337,7	8,69
	1978,400	USNO B1	337,4	8,71
	1993,220	GSC 2.3	337,6	8,95
	2002,120	SDSS DR9	337,8	8,96
LAS 17				
	1955,284	SDSS	325,6	7,14
	2000,123	2MASS	324,3	6,42
	2001,290	SDSS DR9	324,1	6,48
	2009,199	UKIDSS	323,8	6,34
	2009,977	UKIDSS	323,7	6,31
LAS 18				
	1952,081	USNO A2	154,2	8,38
	1989,255	GSC 2.3	155,1	9,67
	1999,827	CMC 14	155,2	9,49
	2000,183	2MASS	154,7	9,71
	2002,194	SDSS DR9	154,5	9,74
	2009,672	UKIDSS	154,5	9,73
	2010,005	UKIDSS	154,6	9,72

Tabla 3. Astrometría relativa.

	V(1)	V(2)	V(3)	B-V	V-I	ESP.	MV	CB	LAT. GAL.
LAS 10									+33,7
A	14,92		-	1,28 (4)	1,14 (4)	K 5 V	7,30	-0,552	
B	15,44		-	1,20 (4)	1,23 (4)	K 7 V	7,98	-0,752	
LAS 11									+42,5
A	16,35	16,38	-	1,40 (4)	1,65 (4)	K 8 V	8,32	-0,814	
B	17,56	17,73	-	1,65 (4)	2,19 (4)	M 1 V	9,50	-1,096	
LAS 12									+46,1
A	15,85	16,01	-	1,41 (4)	2,34 (4)	M 2 V	10	-1,209	
B	16,08	16,22	-	1,40 (4)	2,32 (4)	M 2 V	10	-1,209	
LAS 13									+50,5
A	17,16	17,42	-	1,48	2,45	M 2,5 V	11,1	-1,28	
B	19,00	18,34	-	0,06	-0,01	A 2 VII	11,6	-	
LAS 14									+51,0
A	16,15	16,31	-	1,43	1,81	K 9 V	8,66	-0,865	
B	17,26	17,78	-	1,44	2,32	M 0,5 V	9,25	-1,024	
LAS 15									+50,7
A	14,83	15,19	14,68	1,47	1,99	M 1 V	9,5	-1,096	
B	15,59	15,74		1,48	2,20	M 2 V	10,0	-1,209	
LAS 16									+54,0
A	15,51	15,66	15,55	1,47	2,08	M1,5 V	9,75	-1,15	
B	18,11	18,14	-	0,11	0,12	A 3 VII	12,47	-	
LAS 17									+57,5
A	11,19	13,45	-	0,71	0,81	G 8 V	5,58	-0,153	
B	15,24	15,95	-	1,16	1,24	M 0 V	9,25	-1,024	
LAS 18									+66,7
A	13,11	13,24	13,05	0,69	0,74	G 7 V	5,42	-0,139	
B	17,11	17,31	-	1,44	1,83	M 0 V	9,0	-0,939	

Tabla 4. Obtención de magnitud V, colores y espectros, magnitud absoluta y corrección bolométrica.

Notas a la tabla 4.

- (1) Desde Planilla Cálculo Mag. "V" de F. Rica.
- (2) Desde fotometría Sloan.
- (3) Desde APASS.
- (4) Corregido por enrojecimiento.

	MAGNITUD V	MAG. ABSOLUTA	MÓDULO DE DISTANCIA	DISTANCIA AÑOS LUZ
LAS 10				
A	14,66 (1)	7,30	7,36	296,8
B	15,18 (1)	7,98	7,20	275,9
LAS 11				
A	16,17 (1)	8,32	7,84	371,2
B	17,38 (1)	9,50	7,87	376,3
LAS 12				
A	15,83 (1)	10	5,83	146,4
B	16,04 (1)	10	6,04	161,3
LAS 13				
A	17,42	11,1	6,32	183,7
B	18,34	11,6	6,74	222,8
LAS 14				
A	16,15	8,66	7,49	314,8
B	17,26	9,25	8,01	399,9
LAS 15				
A	15,19	9,5	5,69	137,4
B	15,74	10,0	5,74	140,6
LAS 16				
A	15,55	9,75	5,80	144,5
B	18,14	12,47	5,67	136,1
LAS 17				
A	11,19	5,58	5,61	132,4
B	15,24	9,25	5,99	157,8
LAS 18				
A	13,24	5,42	7,82	366,4
B	17,31	9,0	8,31	459,2

Tabla 5. Determinación de las distancias.

Nota (1): Corregidas por extinción.

	TEMP. V-K(1)	TEMP. B-V(2)	MASA SOL=1(3)	RADIO LINEAL BOLOMÉTRICO SOL=1(4)	LUMINOSIDAD BOLOMÉTRICA SOL = 1(5)
LAS 10					
A	4161	3750	0,60	0,85	0,159
B	4029	3913	0,53	0,68	0,102
LAS 11					
A	3915	3678	0,49	0,68	0,079
B	3529	3478	0,39	0,48	0,035
LAS 12					
A	3506	3523	0,36	0,43	0,024
B	3429	3445	0,36	0,43	0,024
LAS 13					
A	3422	3396	0,27	0,28	0,009
B	-	10280	0,17	0,01	0,002
LAS 14					
A	3849	3736	0,46	0,61	0,060
B	3478	3462	0,41	0,52	0,041
LAS 15					
A	3667	3552	0,39	0,50	0,035
B	3412	3396	0,36	0,43	0,024
LAS 16					
A	3633	3412	0,37	0,46	0,029
B	-	9600	0,14	0,01	0,001
LAS 17					
A	4716	5333	0,84	0,97	0,536
B	3715	4000	0,41	0,45	0,040
LAS 18					
A	4768	3811	0,88	1,00	0,613
B	5455	3462	0,43	0,55	0,047

Tabla 6. Determinación de las temperaturas, Masas y otros parámetros estelares.

Notas a la tabla 6:

(1) $T_{eff} = \text{Log}(3,77 - (0,052(V-K)))$

(2) $T_{eff} = 7200 / (0,64 + (B-V))$

(3) Fórmula de Couteu: $M = 10^{(-0,1117 * (M_{bol} - 4,77))}$

(4) Radio lineal: $R = 10^{(0,5 * \log \text{Luminosidad} + 2 \log (5780 / T_{eff}))}$

(5) Luminosidad bolométrica: $L = 10^{(0,4 * (4,75 - \text{mag. bolométrica}))}$

PAR	HALBWACHS	T (θ/μ) AÑOS	PORCENTAJES DE PROBABILIDAD		
			MPC	Criterio Rica	Misma Distancia
LAS 10	Sí	75	100%	99%	99%
LAS 11	Sí	320	97%	96%	100%
LAS 12	Sí	346	71%	70%	98%
LAS 13	Sí	223	100%	99%	89%
LAS 14	Sí	103	81%	80%	81%
LAS 15	Sí	48	100%	99%	100%
LAS 16	Sí	189	97%	96%	99%
LAS 17	Sí	44	99%	98%	92%
LAS 18	Sí	115	98%	97%	84%

Tabla 7. Naturaleza MPC de los sistemas.

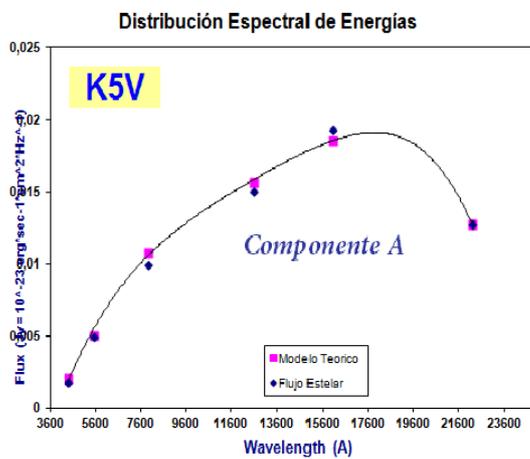


Figura 1. Espectro Componente A.

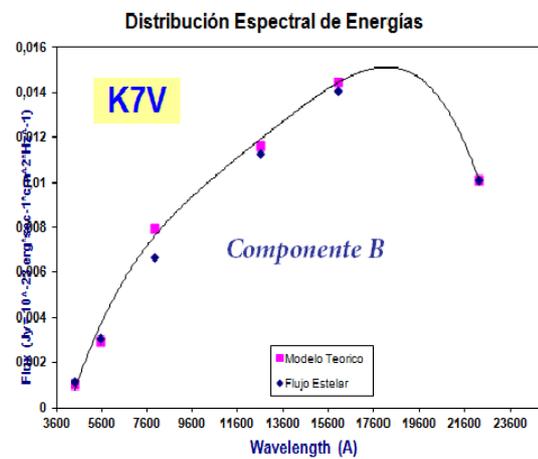


Figura 2. Espectro Componente B.

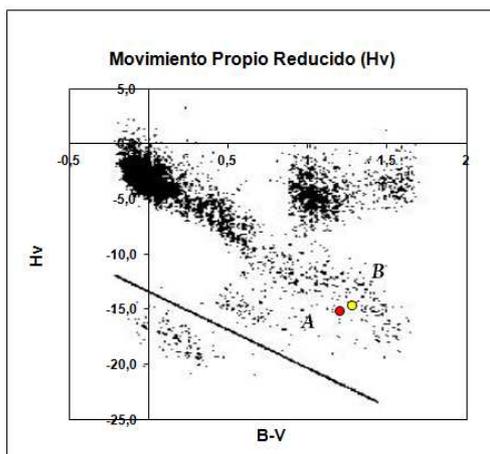


Figura 3. Movimiento Propio Reducido.

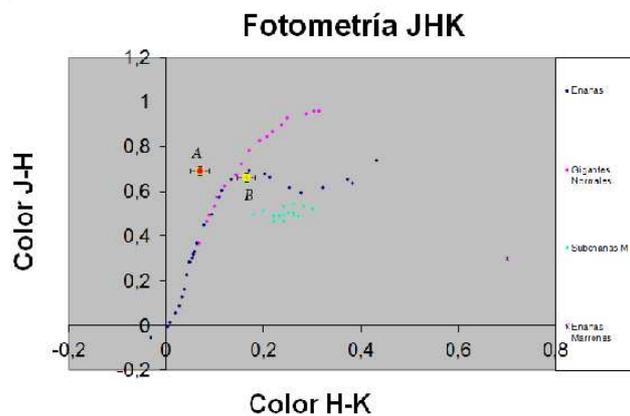


Figura 4. Diagrama doble color JH-HK.

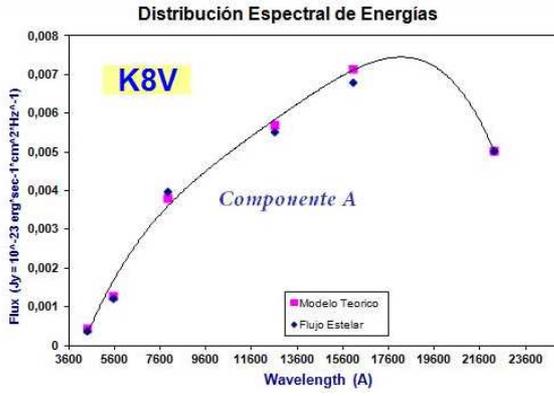


Figura 5. Espectro componente A.

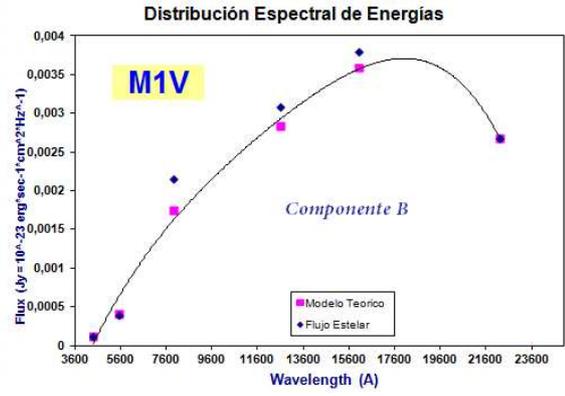


Figura 6. Espectro componente B.

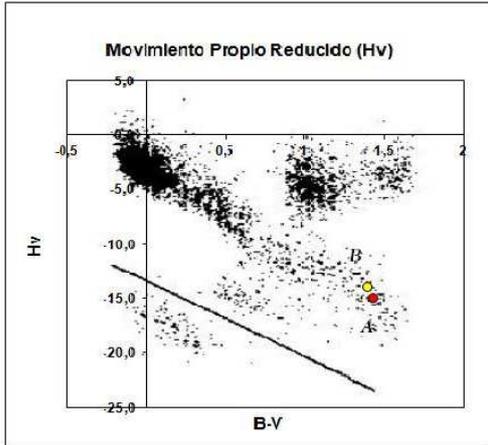


Figura 7. Movimiento Propio Reducido.

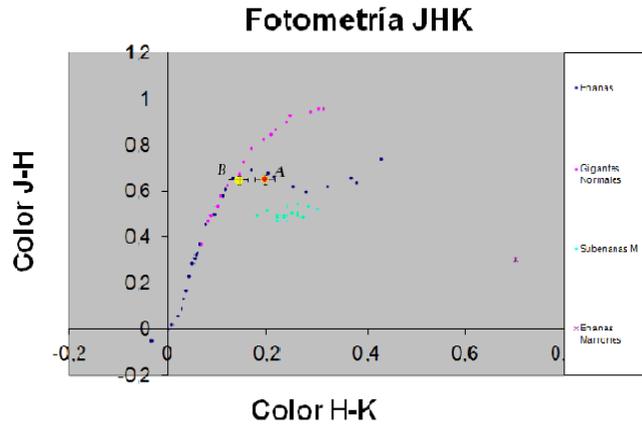


Figura 8. Diagrama doble color JH-HK.

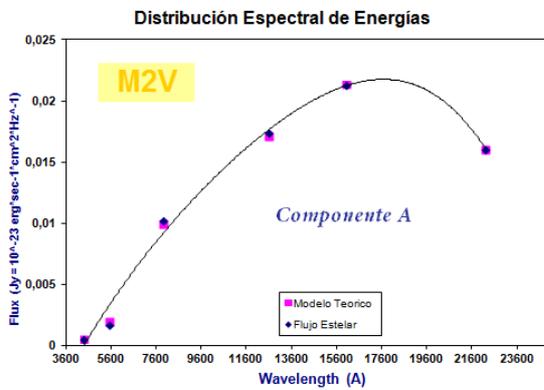


Figura 9. Espectro componente A.

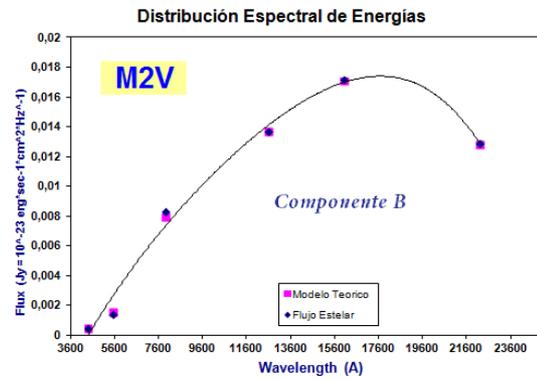


Figura 10. Espectro componente B.

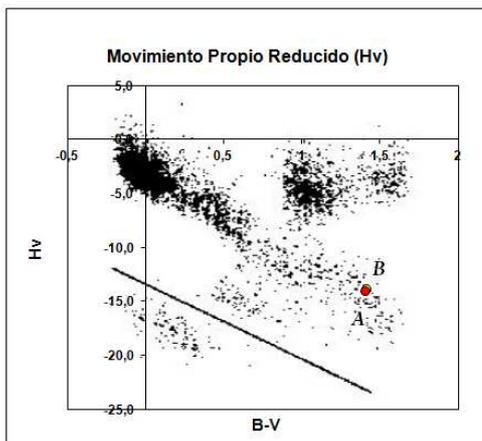


Figura 11. Movimiento Propio Reducido.

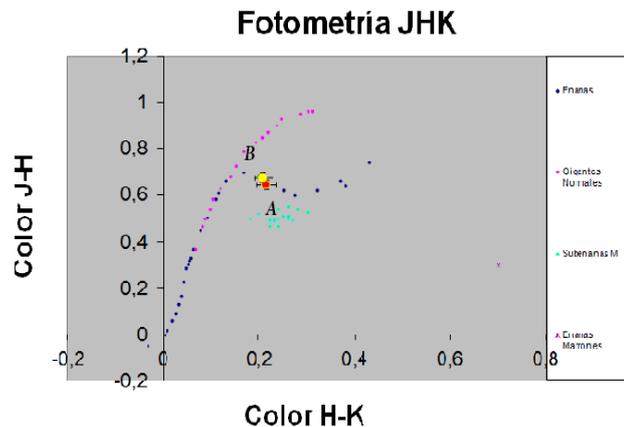


Figura 12. Diagrama doble color JH-HK.

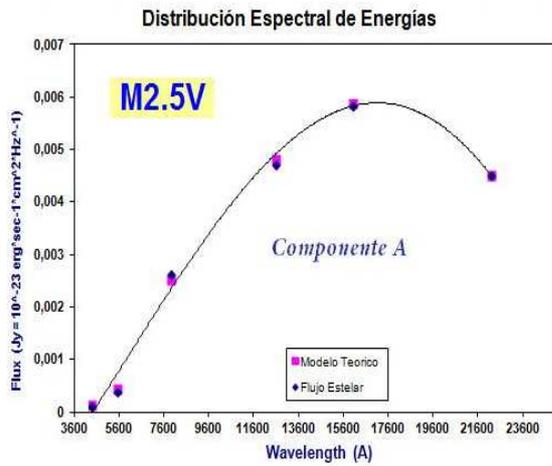


Figura 13. Espectro componente A.

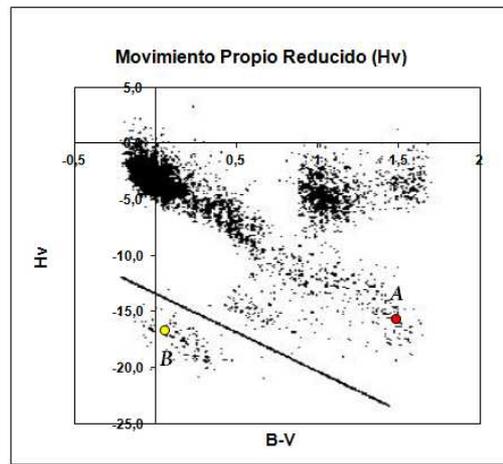


Figura 14. Movimiento Propio Reducido.

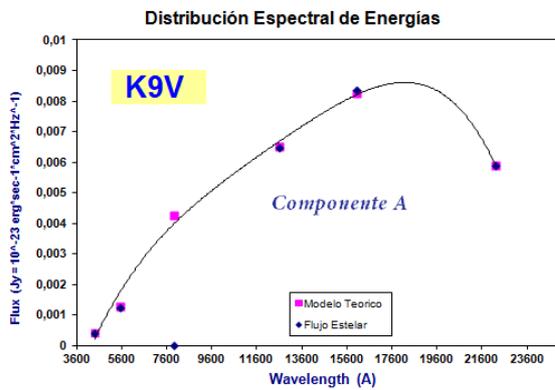


Figura 15. Espectro componente A.

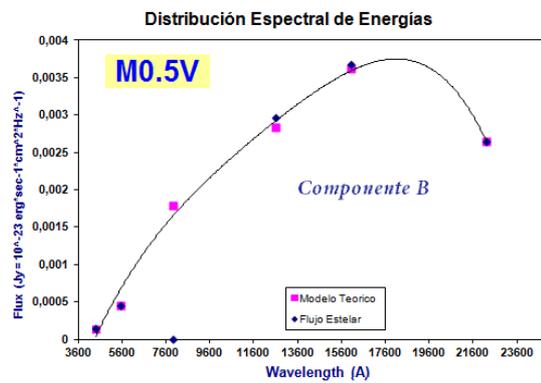


Figura 16. Espectro componente B.

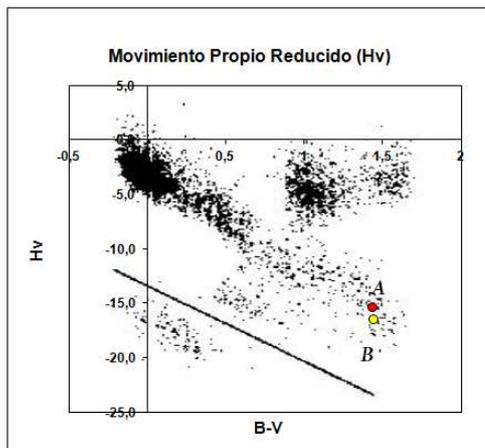


Figura 17. Movimiento Propio Reducido.

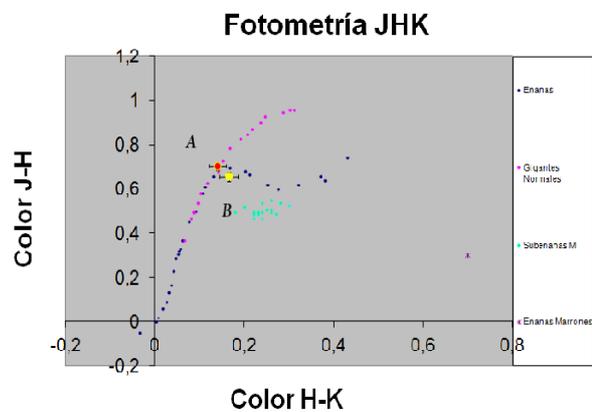


Figura 18. Diagrama doble color JH-HK.

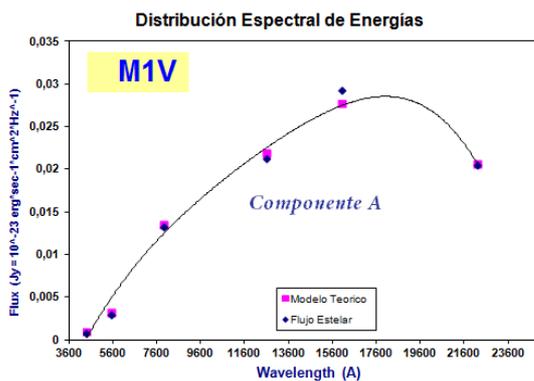


Figura 19. Espectro componente A.

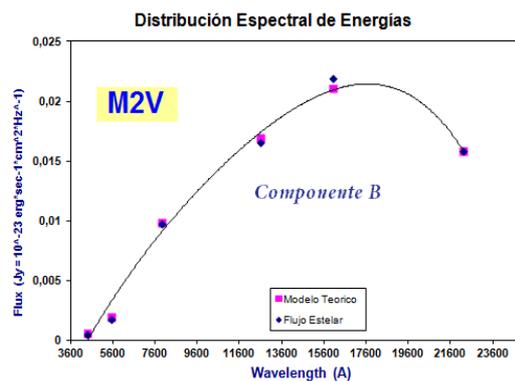


Figura 20. Espectro componente B.

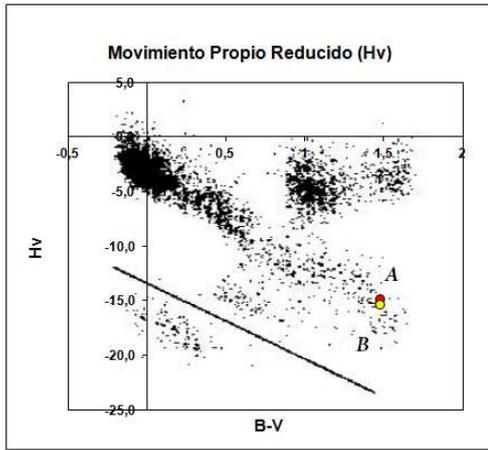


Figura 21. Movimiento Propio Reducido.

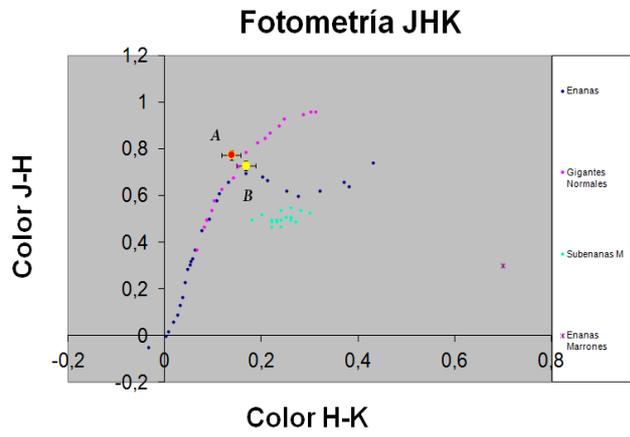


Figura 22. Diagrama doble color JH-HK.

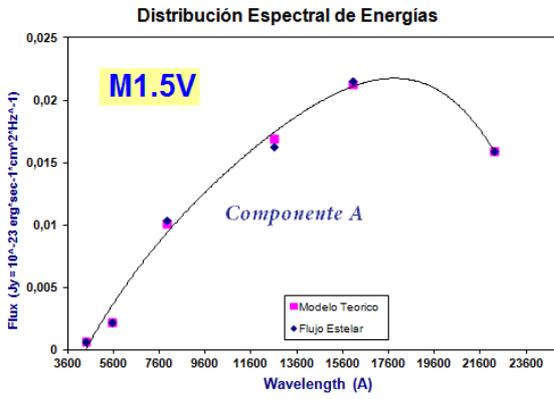


Figura 23. Espectro componente A.

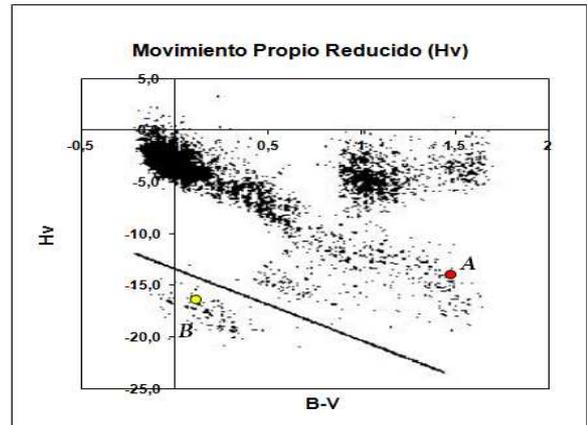


Figura 24. Movimiento Propio Reducido.

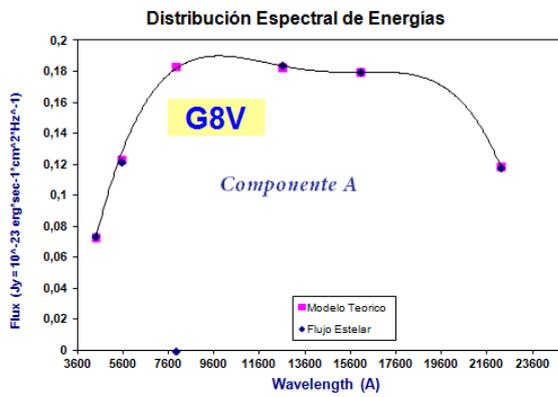


Figura 25. Espectro componente A.

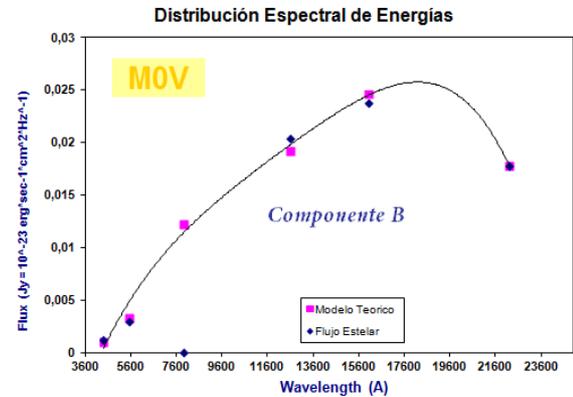


Figura 26. Espectro componente B.

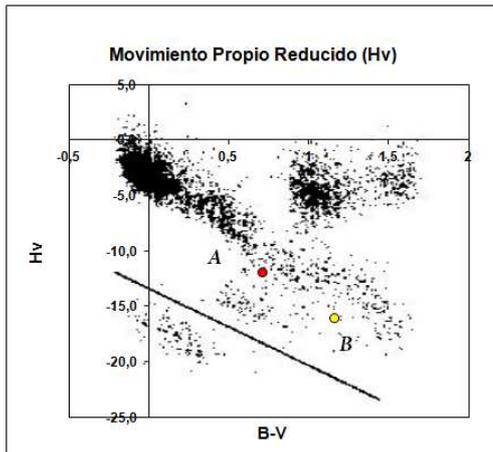


Figura 27. Movimiento Propio Reducido.

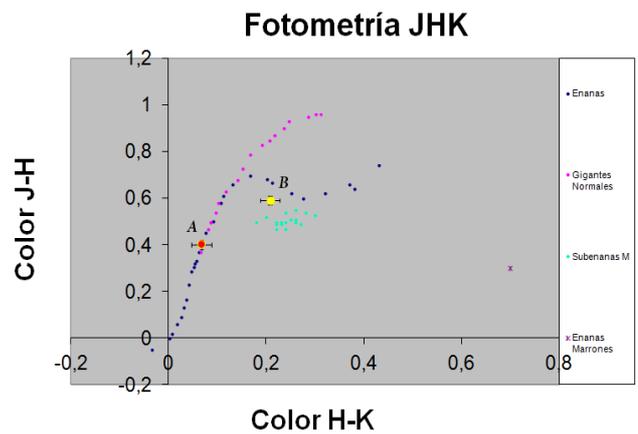


Figura 28. Diagrama doble color JH-HK.

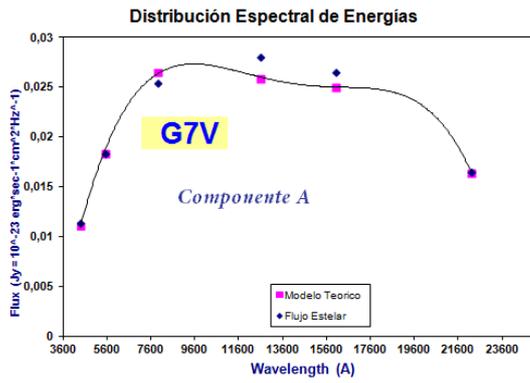


Figura 29. Espectro componente A.

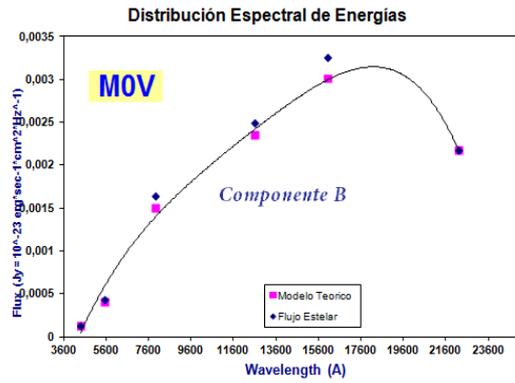


Figura 30. Espectro componente B.

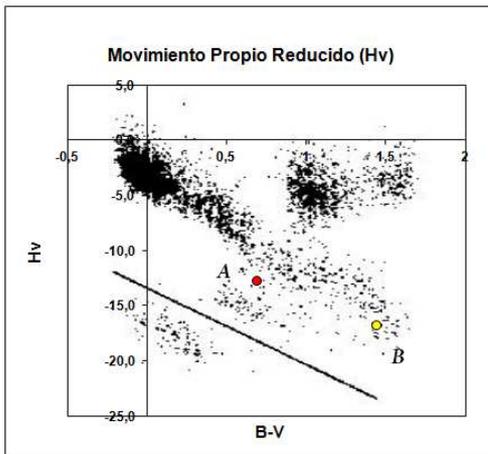


Figura 31. Movimiento Propio Reducido.

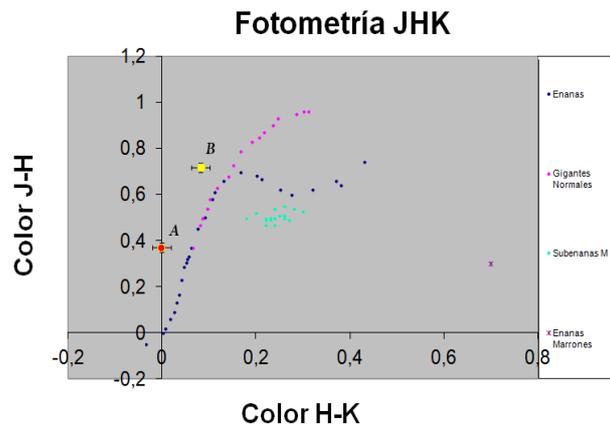


Figura 32. Diagrama doble color JH-HK.

ÁLBUM FOTOGRÁFICO

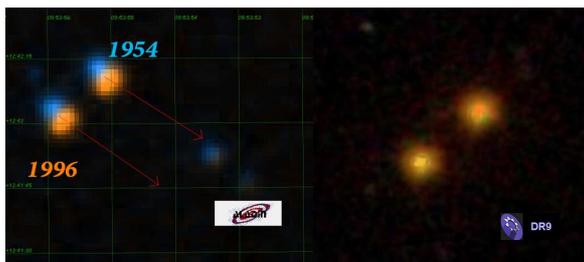
LAS 10



LAS 11



LAS 12



LAS 13



ÁLBUM FOTOGRÁFICO (CONT.)

LAS 14



LAS 15



LAS 16



LAS 17



LAS 18



Estudiando la naturaleza de las estrellas dobles: mecánica celeste

On the nature of Double Stars: Celestial Mechanics

Francisco M. Rica Romero

- Agrupación Astronómica de Mérida (Badajoz, España)
- Correo-e: frica0@gmail.com

Este artículo se centra en las opciones que nos da la mecánica celeste para determinar si dos estrellas están ligadas gravitacionalmente. Hablaremos (al final del artículo) de los métodos de Jean Dommanget, de Peter van de Kamp, y de Sinachopoulos. La parte principal de ese artículo presenta un método que unifica los anteriores y que consiste básicamente en comparar la velocidad relativa observada para las dos estrellas, con la velocidad de escape del sistema y así determinar si el par de estrellas está gravitacionalmente unido. Por la propia naturaleza del tema tratado, ha sido imposible omitir la importante cantidad de fórmulas matemáticas, si bien, sólo necesitaremos varias de ellas para nuestros estudios.

In this article I focus on the Celestial Mechanic to determine if a pair of stars is gravitationally bound. At the end of this article, I detail other historical methods such as that of Jean Dommanget, Peter van de Kamp and Sinachopoulos. The main subject of this article presents a method that unifies those cited earlier and that basically compare the relative velocity of the stellar components with the escape velocity and determine the stars are gravitationally bound.

Introducción

LAS BINARIAS SEPARADAS son también importantes para los astrofísicos. Debido a su débil energía de unión el interés de las binarias separadas se encuentra en que son buenos sensores para detectar concentraciones de masas desconocidas que pueden encontrarse a lo largo de su órbita galáctica. Por tanto, las binarias separadas han llegado a ser objetos de considerable interés observacional y teórico. Estas binarias son relevantes para el entendimiento del proceso de formación y evolución dinámica de la Galaxia. Así, la distribución actual de las binarias separadas puede proporcionar información sobre los procesos de rotura así como de la formación de binarias. También es importante para la determinación de las características y frecuencia de estrellas binarias en diferentes poblaciones estelares y estados de evolución.

Por tanto, es esencial usar buenos criterios para diferenciar entre pares ópticos y pares de estrellas gravitacionalmente unidos, es decir, dobles físicas. Hace varios años la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA usó por primera vez en el mundo amateur varios criterios, algunos basados en la mecánica celeste (ver Rica, 2006; Rica, 2007; Rica, 2009; Benavides *et al.*, 2010; Rica, 2011). Desde que John Mitchell usara en 1767 la teoría de la probabilidad para determinar la

relación física de pares de estrellas, muchos criterios han sido usados por los astrónomos para determinar la naturaleza de las estrellas dobles. Algunos criterios basados en la mecánica celeste usados por la LIADA son: Dommanget (1955, 1956), van de Kamp (1961) y Sinachopoulos - Mouzourakis (1992). Para conocer en profundidad estos criterios, leer el *Anexo I* al final de este documento.

En este artículo explicamos en detalle un criterio unificador basado en la mecánica celeste (concretamente la ecuación de la conservación de la energía, también conocida como ecuación “vis viva”) para determinar la naturaleza de las estrellas dobles. Realmente, es un criterio que engloba a los criterios basados en mecánica celeste ya citados anteriormente. Comenzaremos a partir de la ecuación de la energía total (energía cinética más energía potencial gravitatoria) para derivar la ecuación “vis viva” que define la velocidad orbital para cada momento.

De la Energía Total a la Velocidad Orbital

En el problema de los dos cuerpos, la energía orbital total es la suma de la energía potencial gravitatoria y la energía cinética de la primaria y secundaria:

$$E = \frac{-GMm}{r} + \frac{M(v_M)^2}{2} + \frac{m(v_m)^2}{2} \quad [1]$$

donde:

G , es la constante gravitatoria. En nuestras fórmulas $G = 0,0042$ al expresarla en masas solares y unidades astronómicas.

r , es la distancia entre las estrellas primaria y secundaria.

v_M , es la velocidad de la primaria relativa al centro de masas de los dos cuerpos.

v_m , es la velocidad de la secundaria relativa al centro de masas de los dos cuerpos.

M y m es la masa de la primaria y secundaria.

La energía total orbital puede también ser calculada usando sólo las cantidades relativas:

$$E = \frac{-GMm}{r} + \mu \frac{v^2}{2} \quad [2]$$

donde:

v , es la velocidad relativa de la secundaria con respecto a la componente primaria, y

$$\mu = \frac{Mm}{M+m} \quad \text{es la masa reducida.}$$

Para órbitas elípticas y circulares, la energía total es dada más concretamente por

$$E = \frac{-GMm}{2a}, \quad [3]$$

donde:

a , es el semieje mayor.

Dividiendo la energía total (ecuación [2]) por la masa reducida, da la expresión de la energía *vis viva*, comúnmente conocida como la energía orbital específica:

$$\epsilon = \frac{v^2}{2} - \frac{G(M+m)}{r} \quad [4]$$

Para órbitas elípticas y circulares

$$\epsilon = \frac{-G(M+m)}{2a} \quad [5]$$

Igualando las dos expresiones previas y resolviendo por v conduce a la ecuación *vis viva*:

$$v^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right). \quad [6]$$

Esta fórmula permite determinar la velocidad orbital de una binaria en un momento determinado.

La Velocidad Relativa Tangencial

Las componentes estelares de un sistema doble poseen un movimiento tridimensional, pero nosotros sólo podemos observar directamente la proyección de este movimiento sobre la bóveda celeste. La diferencia de sus movimientos celestes, el cual llamamos movimiento relativo de una componente sobre la otra, es de vital importancia para determinar si el par de estrellas tiene relación física y orbita sobre el centro de masas. Como dijimos anteriormente, nosotros sólo podemos observar la proyección del movimiento relativo (que se mide en unidades aparentes, o sea, arcosegundos/año) o la velocidad tangencial relativa (transformación del movimiento relativo al conocer la distancia a la Tierra) y se mide en km/s.

La velocidad tangencial (en km/s) se define como:

$$\Delta V_{\tan} = 4,74 d \Delta \mu \quad [7]$$

donde:

d , es la distancia en parsecs.

$\Delta \mu$, es el movimiento relativo de la secundaria con respecto a la componente principal (en arcosegundos/año).

La Velocidad de Escape

La velocidad de escape es la mínima velocidad que un objeto necesita para escapar de la gravedad de la estrella compañera. Para derivar la fórmula de la velocidad de escape, debemos comenzar con la ecuación de la conservación de la energía:

$$E_{\text{total}} = E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial}} \quad [8]$$

donde:

$$E_{\text{cinética}} = \frac{1}{2} \mu v^2 \quad [9]$$

$$E_{\text{potencial}} = -G \frac{Mm}{r} \quad [10]$$

La velocidad de escape es la velocidad a la cual la energía cinética más la energía potencial gravitatoria de un objeto, es cero. Por tanto:

$$E_{total} = \frac{1}{2} \mu v^2 - G \frac{Mm}{r} = 0 \quad [11]$$

Y resolviendo por la velocidad (v):

$$V_{esc} = \sqrt{\frac{2 G M_{total}}{r}} \quad [12]$$

Como el valor de r no es conocido tendremos que usar la proyección de r , llamada s , que generalmente se calcula en unidades astronómicas, ua, [como la multiplicación de la distancia angular (ρ , r) por la distancia del sistema a la Tierra] pero que en la fórmula [12] se expresada en parsecs. Ya que r es mayor o igual a s en todos los casos, la V_{esc} calculada con la fórmula [12] será el límite superior de la V_{esc} real. Este límite superior coincide con la velocidad de escape para un par de estrellas con una órbita circular (excentricidad = 0) y de cara a nosotros (inclinación = 0), ya que para este caso r es igual s . Otra opción es utilizar un valor estadístico de r . Para más información leer el Anexo II.

Es importante tener en cuenta que en esta fórmula, r (o en su defecto s) deberá ser expresado en parsecs y no en ua. Para ello debemos dividir las ua entre 206265 (1 pc = 206265 ua).

Comparación de la Velocidad Relativa con la de Escape

Podemos considerar que un sistema está gravitacionalmente unido si satisface la condición

$$DV_{total} < V_{esc} \quad [13]$$

donde

$$V_{total} = \sqrt{\Delta V_r^2 + \Delta V_{tan}^2} \quad [14]$$

$$V_{esc} = \sqrt{\frac{2 G M_{total}}{r}} \quad [15]$$

DV_r es la velocidad radial relativa, M_{total} es la suma de las masas de las componentes, y r es la separación entre las componentes (en ua). En la mayoría de los casos no conoceremos la velocidad radial de las componentes (o su diferencia) por lo que no podremos obtener el valor de la velocidad total relativa y nos tendremos que conformar con usar el valor de la velocidad tangencial relativa (V_{tan}).

Discusión

Los criterios de van de Kamp (1961), Close *et al.* (1990), Sinachopoulos & Mouzourakis (1992) y el de Dommanget (1955, 1956) han sido usados por la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA desde 2001-2002. El autor de este artículo rescató todos estos métodos a partir de la literatura profesional y hoy en día son conocidos por la comunidad amateur y utilizados especialmente en España. Hay que decir que estos procedimientos apenas eran usados previamente, ni siquiera por los astrónomos profesionales.

Dado que todos estos criterios se basan en la Energía Mecánica Total, sugerimos usar el método unificado, detallado en el apartado anterior de este artículo.

En resumen, para determinar si un par de estrellas están gravitacionalmente unidas, además de poseer ambas componentes una distancia de la Tierra compatible, podemos comprobar estas dos condiciones (especialmente la segunda):

$$\begin{aligned} V_{tan} &< V_{orb_m\acute{a}x} \\ V_{tan} &< V_{esc} \end{aligned}$$

Por tanto, para determinar la velocidad orbital máxima ($V_{orb_m\acute{a}x}$) y la velocidad de escape (V_{esc}), debemos usar solamente las fórmulas [6] y [14], usando s en lugar de r (otra alternativa es usar el r estadístico). Para el cálculo de la velocidad orbital máxima necesitamos el semieje mayor de la órbita. Este es un dato desconocido ya que en la mayoría de los casos no podremos calcular los parámetros orbitales de la binaria. Como aproximación estadística podemos determinar el semieje mayor esperado, $E(a)$, usando la expresión determinada por Fischer y Marcy (1992):

$$E(a) = 1,26 \rho \quad [16]$$

Finalmente, para calcular la velocidad tangencial y en 3D, debemos usar las fórmulas [7] y [14].

Ejemplo práctico

Para verlo más claro hagamos un ejercicio práctico. Analicemos la estrella doble WDS 00152+2722 = J 868 AB un par de estrellas de magnitud 11,1 y 12,3 separadas por 5,8", con un importante movimiento relativo lineal y cuyos parámetros orbitales fueron publicados por el astrofísico Novakovic (2007). Este par de estrellas fue ya estudiado por el autor (ver Rica, 2014).

En Rica (2014) se obtuvieron unos tipos espectrales F2-5 V y G5V, unas masas estelares de 1,4 y 0,9 masas solares y unas distancias fotométricas de 363 ± 73 y 241 ± 48 parsecs. Lo primero que debemos hacer

es determinar si las distancias son compatibles. Para ello los errores en las distancias son imprescindibles. Las distancias fotométricas (determinadas a partir de los colores fotométricos) poseen errores medios del 25% y en casos individuales el error podría ser mayor, si estamos ante una binaria no reconocida o por otros motivos. Para las componentes de J 868 vemos que ambas distancias son marginalmente compatibles (a un nivel 2s) por lo que no podemos descartar que ambas estrellas estén a la misma distancia.

El movimiento relativo proyectado de las dos estrellas resultó ser de $0,0447 \pm 0,0010$ "/año que a la distancia de la componente más cercana (la estrella secundaria, a 241 pc) corresponde a una velocidad tangencial de (usando la fórmula [7] de este artículo):

$$\Delta V_{\text{tan}} = 4,74 \text{ d } \Delta \mu = 4,74 * 241 * 0,0447 = 51,1 \text{ km/s}$$

Como la velocidad radial de las estrellas es desconocida, asumimos que $V_r = 0$ y por tanto $V_{\text{tan}} = V_{\text{total}}$. Para la época media (1997,959) la separación angular (r) es $4,74''$ lo que corresponde a una separación física (s) de

$$4,74 * \text{distancia (en pc)} = 4,74 * 241 = 1142,34 \text{ ua}$$

La velocidad de escape la calculamos mediante la fórmula [15]:

$$V_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2 G M_{\text{total}}}{s}} = \sqrt{\frac{2 * 0,0042 * (1,41 + 0,93)}{(1142,34 / 206265)}} = 1,88 \text{ km/s}$$

Recordemos que este es el valor máximo de la V_{esc} (y por tanto con el mínimo valor de r). Vemos cómo V_{total} es 27 veces superior a V_{esc} y por tanto la naturaleza óptica es clara. Para valores mayores de r , V_{esc} disminuiría siendo más evidente la naturaleza óptica del par.

Anteriormente se apuntó que Novakovic calculó sus parámetros orbitales en 2007. No, no es una incongruencia. ¿Cómo puede ser óptica y a la vez tener parámetros orbitales? Novakovic no realizó estudio de la naturaleza y asumió erróneamente que J 868 era una binaria. Como "moraleja" debemos saber que si un par de estrellas posee un importante movimiento relativo sin curvatura aparente, es necesario determinar por algún medio si estamos ante una pareja óptica u física.

ANEXO I. Revisión histórica

En este anexo, detallamos algunos trabajos anteriores que usaron la astromecánica para determinar la naturaleza de las estrellas dobles. Su lectura sólo tiene como objetivo aumentar la información aportada en el cuerpo principal de este artículo.

— El test de Peter van de Kamp

Van de Kamp (1961) comenzó con la ecuación "vis viva":

$$v^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad [17]$$

que determina el valor crítico para la órbita parabólica. En una órbita parabólica el semieje mayor, a , es infinito y la ecuación "vis viva" puede ser escrita como:

$$V^2 = \frac{2 G (M + m)}{r} \quad [18]$$

Donde G utiliza las unidades astronómicas para las distancias, unidades solares para las masas y el año sidereal para el tiempo, conduciendo a $G = 4p^2$. De la ecuación [18] obtenemos la condición para la órbita parabólica, que es el valor crítico

$$V^2 r = 8\pi^2 (M + m) \quad [19]$$

Aquí, como es habitual, tenemos el problema del cálculo de V y r . Si la distancia, el movimiento propio relativo, y la velocidad radial relativa son conocidas, entonces nosotros podemos calcular la velocidad V en tres dimensiones. Pero para la mayoría de las binarias el dato de la velocidad radial es desconocido y sólo podemos calcular la proyección de V (o sea V_{tan}). Además, el valor de r es siempre desconocido aunque una distancia proyectada puede ser determinada. Por tanto, en el mejor de los casos, podemos obtener un valor proyectado de $V^2 r$. Este valor proyectado siempre será menor o igual que el valor real. Si

$$V^2 r > 8\pi^2 (M + m)$$

entonces la órbita debe ser hiperbólica. Si

$$V^2 r < 8\pi^2 (M + m)$$

entonces la órbita PUEDE SER elíptica y por tanto orbital periódica.

Nota: Van de Kamp (1961) comenzó con la fórmula [6] para determinar el criterio parabólico (asumiendo semieje mayor infinito). Esto es lo mismo que la velocidad de escape.

— El trabajo de Close et al. (1990)

Close, Richer y Crabtree (1990) determinaron la binariedad de una muestra de pares separados com-

parando la velocidad relativa con la velocidad de escape para el sistema. La velocidad de escape para la mayoría de los sistemas separados es considerablemente más bajo que 5 km s^{-1} , por tanto ellos rechazaron, por no binarios, todos los sistemas con velocidades relativas tangenciales superiores a $5 \text{ km s}^{-1} + 5s_{v_{\text{tan}}}$. O dicho de otra forma, consideran ópticas a las estrellas dobles que cumplen:

$$V_{\text{tan}} - 5\sigma_{v_{\text{tan}}} > 5 \text{ km s}^{-1} \quad [20]$$

Hagamos notar que esto es correcto si estamos ante una binaria separada y por tanto no debemos usar esta ecuación en binarias cerradas ya que en este tipo de sistemas V_{tan} puede llegar a ser grande y aún así ser compatible con un movimiento orbital. Close *et al.* consideran que un sistema está gravitacionalmente unido si satisface

$$V_{\text{total}} < V_{\text{esc}} \quad [21]$$

— El trabajo de Sinachopoulos y Mouzourakis

Sinachopoulos y Mouzourakis (1992; de aquí en adelante SM92) conocían el importante número de pares ópticos en los principales catálogos de estrellas dobles visuales. Ellos estaban interesados en determinar un criterio que permitiera una diferenciación entre pares físicos y ópticos. Para eso compilaron una muestra de 123 estrellas dobles visuales separadas con separaciones angulares entre 10 y 20 segundos de arco y componentes estelares más brillantes de la magnitud 10. SM92 primero expulsó esos pares cuyos componentes estelares no tenían un acuerdo entre sus distancias (considerándolas como ópticas).

La velocidad radial permitiría calcular la velocidad relativa en 3 dimensiones, pero este dato cinemático sólo es conocido para unas pocas estrellas, generalmente brillantes. La velocidad orbital para una órbita circular usada por SM92 es:

$$V_{\text{orb}} = \sqrt{\frac{G \Sigma M}{r}} \quad [22]$$

Pero el valor r es desconocido y entonces SM92 usó la separación física proyectada (s) para determinar la velocidad orbital máxima, que corresponde con una órbita circular y de cara a nosotros:

$$V_{\text{orb_máx}} = 29,78 \sqrt{\frac{\Sigma M}{s}} \quad [23]$$

donde:

ΣM , es la suma de las masas (en unidades solares).
 s es la distancia física proyectada entre las componentes estelares (en ua). Es un valor proyectado y por tan-

to $s \leq r$.

El criterio usado por estos astrónomos para que un par sea óptico es:

$$V_{\text{tan}} - 2s > V_{\text{orb_máx}} \quad [24]$$

donde s es la incertidumbre de V_{tan} .

¿Significa que si $V_{\text{tan}} - 2s < V_{\text{orb_máx}}$, el par es una binaria, es decir, una doble física? No exactamente. Significa que PUEDE ser una binaria. Debemos tener en cuenta que SM92 no usó la velocidad radial y por tanto la velocidad relativa total (V) podría ser superior a la velocidad orbital máxima.

ANEXO II. Radio Vector (r) Estadístico

Como un intento de obtener un valor de V_{esc} más cercano al real, el autor de este artículo estudió la distribución de valores de r'' y s'' (r/s) de 2850 soluciones orbitales listadas en el *Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars*. A partir de los parámetros orbitales se calculó el valor de r para una determinada época:

$$r = a \frac{(1 - e^2)}{1 + e \cos v}$$

Posteriormente, se comparó el valor de r con la efeméride de la separación angular calculada para la misma época. Los resultados estadísticos de esta comparación se resumen en la tabla 1.

Media	1,40
Mínimo	1,00
Máximo	17,14
Percentil 10%	1,00
Quartil 1 (= Percentil 25%)	1,02
Mediana (=Percentil 50%)	1,11
Quartil 3 (= Percentil 75%)	1,38
Percentil 90%	1,96

Tabla 1

De la tabla 1 podemos sacar varias lecturas:

- Para el 50% de las binarias usadas, r/s está comprendido entre 1,00 y 1,11.
- Para el 75% de las binarias, r/s es menor que 1,38
- Para el 90% de las binarias, r/s es menor que 1,96.

La figura 1 muestra la dependencia de la relación r/s con la inclinación orbital. Los grandes valores de r/s se dan para órbitas altamente inclinadas. Esto es

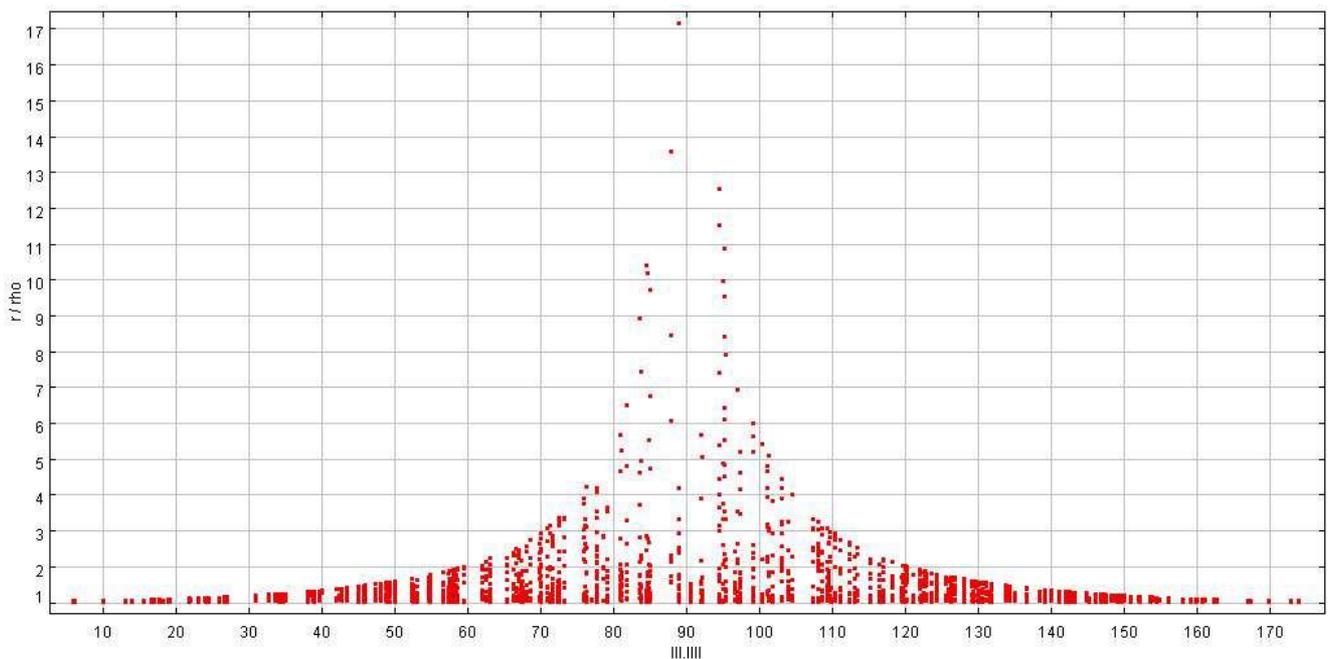


Figura 1. Relación del radio vector (r) y la separación angular (r).

esperable ya que estas órbitas son las que tienen un mayor componente tridimensional. Por ejemplo, las binarias con valores r/s mayores que 6,0 se corresponden con binarias cuyas inclinaciones orbitales están entre 80 y 100 grados (o sea, como mucho 10 grados de diferencia con respecto a una órbita de canto). ©

Referencias

Benavides, R., Rica, F., Reina, E., Castellano, J., Naves, R., Lahuerta, L., Lahuerta, S., 2010, JDSO, 6, 30.

Close, Richer y Crabtree, 1990, AJ, 100, 1968.

Dommanget, J., 1955, BAORB, 20, 1.

Dommanget, J., 1956, BAORB, 20, 183.

Fischer, D. A., Marcy, G. W., 1992, AJ, 396, 178.

Novakovic, B., 2007, BaltA, 16, 435.

Rica, F., 2006, JDSO, 2, 36.

Rica, F., 2007, JDSO, 3, 21.

Rica, F., 2009, Universo, 56.

Rica, F., 2011, JDSO vol. 7, 354.

Rica, F., 2014, DSSC, 22, 10.

Sinachopoulos, D., Mouzourakis, P., 1992, Complementary Approaches to Double and Multiple Star Research in the IAU Colloquium 135, ASP Conference Series, Vol. 32.

van de Kamp, P., 1961, PASP, 73, 389.

Medidas astrométricas de estrellas abandonadas. Reporte de mayo de 2014.

Neglected Double Stars Astrometric measurements. Report of May 2014.

Joseph M. Carro

- Cuesta College, San Luis Obispo (California, EE.UU.)
- Correo-e: jcarro@charter.net

Se determinaron los ángulos de posición y las separaciones de quince estrellas dobles utilizando fotografías tomadas en dos sitios remotos, dichas estrellas dobles se incluyen en la *Lista de Estrellas Abandonadas Boreales* publicada por el Observatorio Naval de los Estados Unidos. Cuando fue posible, se realizaron comparaciones con los datos publicados. Se tomaron imágenes desde el Observatorio SLOOH ubicado en las Islas Canarias cerca de África Occidental, y desde el Sierra Stars Observatory ubicado en el Valle de Carson en California. Los análisis de datos fueron realizados por el autor.

The position angles and separations of fifteen double stars were measured using photographs taken at two remote sites. The double stars were selected from the list of Northern Neglected Stars as published by the United States Naval Observatory. When it was possible, comparisons were made with published data. The photographs were taken at the SLOOH Observatory located in the Canary Islands near west Africa, and the Sierra Stars Observatory located in Carson Valley, California. The data analyses were done by the author.

ESTA INVESTIGACIÓN hizo uso de la base de datos **SIMBAD** operada por CDS, en Estrasburgo, Francia, y del **Catálogo de Estrellas Dobles de Washington** mantenido por el Observatorio Naval de los Estados Unidos.

— Datos del sitio del Sierra Star Observatory

Latitud: 38° 48' 39" Norte Longitud: 119° 46' 30" Oeste Altitud: 1.545 metros

El Sierra Stars Observatory está ubicado en el Valle de Carson, California. El clima semidesértico ofrece más de 200 noches despejadas al año con humedad relativa baja. Durante los meses de verano las altas temperaturas rondan los 45°C y durante el invierno se disfruta de una temperatura media de 16°C. La precipitación anual es aproximadamente de 28 cm y la nevada anual es de 55 cm.

El telescopio del observatorio es un 0,61 metros F/10 Mecánica Óptica Nighthawk CC06. El Nighthawk CC06 es un telescopio automatizado con óptica de Cassegrain.

La cámara principal es una Finger Lakes Instrumentation ProlINE. Esta cámara CCD tiene refrigeración de triple fase y es capaz de mantener temperaturas estables de -65°C debajo de la temperatura ambiente. La cámara contiene un chip CCD de Kodak KAF-09000, con una matriz de píxeles de 3056 x 3056 y un

tamaño de píxel de 12 micras, dando una escala de imagen de 0,4 segundos de arco/píxel sin binning y 0,8 segundos de arco/píxel con binning 2 x 2. La superficie del chip es mayor que el de una cámara de 35 mm, proporcionando un campo de visión de 21 x 21 minutos de arco. El chip KAF-09000 tiene un rendimiento cuántico elevado (69 % máximo).

— Datos del sitio del Observatorio SLOOH

Latitud: 28° 6' 12" Norte Longitud: 15° 24' 44" Oeste Altitud: 2.300 metros

El Observatorio SLOOH está en las Islas Canarias, España. Desde 2003, el buque insignia del Observatorio SLOOH está situado en el Instituto de Astrofísica de Canarias, en lo alto del Teide en la isla de Tenerife. Este observatorio alberga los telescopios principales. La cúpula 1 tiene una unidad de 0,5 metros a F/6,8 y es un diseño de Dall-Kirkham corregido. La cúpula 2 tiene un telescopio de 0,35 metros a F/11 y un diseño Schmidt-Cassegrain.

La cámara CCD fue fabricada por Santa Barbara Instrument Group (SBIG), siendo un modelo ST10MXE. La cámara tiene un sensor de imagen Kodak KAF-0402ME, con una matriz de píxeles de 765x510, un tamaño de CCD de 6,9 x 4,3mm, un tamaño de píxel de 9x9 micras y una matriz de 390.000 píxeles. No se utilizaron filtros, encontrándose todos los ajustes por defecto.

Metodología

Las imágenes fueron reducidas por el autor utilizando CCD Soft versión 5.00.195 y SKY 6 versión 6.0.0.65. Ambos programas son productos de Software Bisque. Los observatorios no reportaron varios factores como la temperatura ambiente, la humedad, el viento, ni la visibilidad. No todas las imágenes fueron útiles, y el número de las válidas para cada estrella aparece en el informe. Se realizó una búsqueda de la literatura para cada estrella y se reportaron las fuentes de los datos. La abreviatura LEA significa "Lista de Estrellas Abandonadas". La otra información vino del Catálogo de Estrellas Dobles de Washington.

Agradecimientos

Mi especial agradecimiento a Russell Genet Ph. D., profesor de Astronomía del Cuesta College, por su formación en la metodología y el uso de la cámara CCD y los programas. También a Tom Smith por las versiones correctas de los programas, y a Eric Weise por las actualizaciones de los mismos.

Referencias

Arnold, D., 2007, Divinus Lux Observatory Bulletin: Report 11, Journal of Double Star Observations, vol. 3, n° 4, 139-146.

Bertoglio, A., 2010, Capella Observatory CCD Double Star Measurements - Report 1, Journal of Double Star Observations, vol. 6, n° 2, 116,132.

Buchheim, R., 2008, CCD Double star Measurements at Altamira Observatory in 2007, Journal of Double Star Observations, vol. 4, n° 1, 27-31

Frey, T., 2008, Visual Double Star Measurements using an Alt-azimuth Telescope, Journal of Double Star Observations, vol. 4, n° 2, 59-65.

Harshaw, R., 2011, Visual Measurements of Double Stars, Journal of Double Star Observations, vol.7, n° 2, 123-128.

Hipparcos and Tycho Catalogue, <http://www.rssd.esa.int/index.php?project=HIPPARCOS&page=index>

Jones, J., 2010, CCD Double Star Measures: Jack Jones Memorial Observatory Report #3, Journal of Double Star Observations, vol. 6, n° 4, 296-300.

López, A., Caleyá, F., Muro, M., 2011, Astrometric Measurements of Double Stars in 2009, Journal of Double Star Observations, vol. 7, n° 2, 86-98.

Mason, B. et al., 2012, Washington Double Star Catalog, <http://ad.usno.navy.mil/wds/wdstext.html>

Nugent, R., Iverson, E., 2012, Double Star Measures Using the Video Drift Method II, Journal of Double Star Observations, vol. 8, n° 3, 213-222.

OAG catalog 2003, reportado por el WDS; Lista original y todos los 26 suplementos.

Seim, C., 2010, Double Star Observations Conducted at Fernbank Observatory, Journal of Double Star Observations, vol. 6, n° 4, 235-242.

Smith, F., 2011, Neglected Double Star Observations at Kitt Peak Advanced Observer Program 2010, Journal of Double Star Observations, vol. 7, n° 4, 227-232.

Soon, A., 2006, Double Star Measurements for the First Half of the Year 2006, Journal of Double Star Observations, vol. 2, n° 4, 157-162.

TABLA 1. MEDIDAS ASTROMÉTRICAS.

Nombre de la Estrella	Número WDS	Número SAO	Número BD	Fecha	N.º Obs	Ángulo de Posición (º)	Separación (")
HJ349 AUR AB	04477+3446	-	+34 908	2014,1986	1	86,6	10,4
23:11 CTU	M1=10,4; M2=10,7		¼ luna				Ambas blancas
JDSO (Bertoglio)				2010		87	10,4
WDS (LEA)				1899		86	10,3
WDS (LEA)				1972		87	10,4
WDS				1827		87	8
WDS				2013	16	86	10,4
BUP 91 LYN AC	06377+6129	13897	+61 893	2014,2614	1	91,5	397,2
21:50 CTU	M1=6,0; M2=7		¼ luna				Anaranjada, blanca
JDSO (Frey)				2008		91,7	393,1
WDS (LEA)				1904		95	374,4
WDS (LEA)				1929		94	379,9
WDS				1904		95	374,4
WDS				2007	7	92	393,1
MLB932 LYN AB	08010+3454	-	-	2014,2615	1	52,7	4,7
22:25 CTU	M1=12,6; M2=12,9		¼ luna				Ambas blancas
WDS (LEA)				1934		52	4,4
WDS				1934		52	4,4
WDS				2006	2	54	4,7

TABLA 1. MEDIDAS ASTROMÉTRICAS (CONT.).

Nombre de la Estrella	Número WDS	Número SAO	Número BD	Fecha	N.º Obs	Ángulo de Posición (°)	Separación (")
HJ2492 UMA AC	09186+5231	-	+53 1328B	2014,1986	1	129,6	221,5
23:11 CTU	M1=10,8; M2=9,2		¼ luna				Ambas blancas
WDS (LEA)				1909		128	239
WDS (LEA)				1984		130	222
WDS				1909		128	239
WDS				2007	3	130	221,7
BU1423 LEO AC	09251+2933	80813	+30 1864	2014,2510	1	51,7	155,1
02:21 CTU	M1=8,81; M2=11,8		¼ luna				Ambas blancas
JDSO 2009 (López)				1983		51,3	154,39
JDSO 2009 (López)				1989		51,5	155,3
JDSO 2009 (López)				1994		51,1	155,05
JDSO 2009 (López)				1998		51,4	155,57
JDSO 2009 (López)				1998		51,5	155,52
JDSO 2009 (Caleya)				1999		51,4	154,81
JDSO 2009 (Muro)				2009		51,8	155,10
O A G (Tob)				1983		51,7	154,4
WDS (LEA)				1911		49	189,6
WDS (LEA)				1983		52	154,4
WDS				1955		48	156,3
WDS				2009	5	52	155,1
ARY51 LEO AB	09390+3017	61615	+30 1886	2014,2591	1	273,1	118,6
01:39 CTU	M1=9,1; M2=9,4		¼ luna				Ambas blancas
JDSO (Smith)				2011		273,2	118,4
WDS (LEA)				2003		273	116,4
WDS				1903		273	116,4
WDS				2010	12	273	118,4
STTA108 UMA BD	11125+3549	62453	+36 2164	2014,2613	5	68,2	158,7
20:20 CTU	M1=6,5; M2=7,3		¼ luna				Ambas blancas
JDSO (Seim)				2010		66,18	158,63
JDSO (Nugent)				2012		68	159,0
WDS (LEA)				1825		88	83,6
WDS (LEA)				1984		68	152,9
WDS				1800		77	110,6
WDS				2011	29	68	159
SKF10 BOO AB	15111+4424	-	+44 2434s	2014,2868	4	279,7	13,0
04:06 CTU	M1=10,2; M2=10,9		llena				Blanca, azul
JDSO (Arnold)				2007		284,7	13,83
JDSO (Buchheim)				2008		284,4	13,9
WDS (LEA)				1981		291	15,1
WDS				1893		315	34,9
WDS				2012	15	281	13,3
ARY 52 BOO AB	15124+5236	29443	+53 1771	2014,2868	4	330,7	149,1
04:10 CTU	M1=7,8; M2=8,5		¼ luna				Anaranjada, azul
JDSO (Buchheim)				2008		330,5	147,9
JDSO (Harshaw)				2011		331,0	147,1
WDS (LEA)				2005		331	147,1
WDS				1904		331	144,3
WDS				2010	15	330	151,3

TABLA 1. MEDIDAS ASTROMÉTRICAS (CONT.).

Nombre de la Estrella	Número WDS	Número SAO	Número BD	Fecha	N.º Obs	Ángulo de Posición (°)	Separación (")
ARY 53 BOO AB	15198+5217	29484	+52 1867	2014,2886	4	148,8	106,9
20:20 CTU	M1=6,5; M2=7,3		¼ luna				Anaranjada, azul
JDSO (Buchheim)				2008		148,5	106,98
JDSO (Harshaw)				2011		148,0	101,1
WDS (LEA)				2002		148	101,1
WDS				1903		144	106,4
WDS				2002	14	142	108,2
KZA 44 CVn AB	13104+3744	-	-	2014,3139	4	209,0	76,6
01:23 UTC	M1=9,5; M2=9,5		¼ luna				Ambas blancas
JDSO (Buchheim)				2008		208,7	76,77
JDSO (Jones)				2010		208,7	76,80
JDSO (Smith)				2011		208,7	76,76
OAG (Tob)				1983		209,0	77,0
WDS (LEA)				1984		209	77,5
WDS				1928		208	76,9
WDS				2010	8	209	76,8
KZA 55 CVn AC	13221+4354	44582	+44 2269	2014,3139	5	57,7	68,6
01:20 UTC	M1=6,4; M2=9		¼ luna				Ambas blancas
JDSO (Buchheim)				2008		58,7	67,7
WDS (LEA)				1983		60	66,5
WDS (LEA)				1984		58	67,6
WDS				2007		59	67,7
KZA 71 CVn AB	13363+3514	63638	+39 2661	25 April 2014	4	147,8	62,5
01:30 UTC	M1=9,5; M2=10		¼ luna				Sin datos
JDSO (Buchheim)				2008		147,6	62,51
JDSO (Jones)				2010		148,0	62,47
OAG (Tob)				1984		342,0	58,6
WDS (LEA)				1984		342	58,6
WDS (LEA)				1984		148	62,1
WDS				2007	5	148	62,5
MLB 218 DRA AC	19407+6610	-	-	2014,3496	4	331,3	55,6
02:20 UTC	M1=9,7; M2=10,7		½ luna				Ambas blancas
O.A.G. (Tob)				1983		331,5	53,2
WDS (LEA)				1983		332	53,2
WDS				1921		351	56,6
WDS				2003		331	55,5
SLE 232 DRA AB	18387+5300	-	-	2014,3496	4	219,5	14,6
02:30 UTC	M1=10,8; M2=10,9		½ luna				Ambas blancas
KDSO (Soon)				2006		221,0	15,12
O.A.G. (Tob)				1983		223,0	13,6
WDS (LEA)				1983		223	13,6
WDS				1982		224	13,6
WDS				2006		221	15,1

TABLA 2. OTRAS DENOMINACIONES DE LOS PARES ESTUDIADOS.

HJ349			
AG+29 1041	BD+30 1864	CCDM J09251+2933A	GSC 01958-00776
HD 81209	HIC 46195	HIP 46195	2MASS J09250797+2932491
SAO 80813	TYC 1958-776-1	WDS J09251+2933A	
BUP 91			
* 8 Lyn	GEN# +1.00046480	N30 1430	UBV 6519
AG+61 497	HD 46480	NLTT 16720	UBV M 12213
ASCC 121822	HIC 31676	PLX 1526	USNO-B1.0 1514-00154317
BD+61 893	HIP 31676	PLX 1526.00	uvby98 100046480
CCDM J06381+6129A	HR 2394	PMC 90-93 178	WDS J06377+6129A
CSI+61 893 1	IDS 06286+6134 A	PPM 15820	[HFE83] 450
FK5 247	LSPM J0637+6128	SAO 13897	
GC 8582	LTT 11875	SKY# 11553	
MLB932			
NVSS J080101+345504	GB6 B0757+3504	TXS 0757+350	
BWE 0757+3504	87GB 075748.6+350404	WDS J05010+3454	
HJ2492			
BD+53 1328B	BDS 5000 A	CSI+53 1328 2	WDS J09186+5231A
** HJ 2492A	CCDM J09186+5231A	IDS 09115+5256 A	
BU1423			
AG+29 1041	BD+30 1864	CCDM J09251+2933A	GSC 01958-00776
HD 81209	HIC 46195	HIP 46195	2MASS J09250797+2932491
SAO 80813	TYC 1958-776-1	WDS J09251+2933A	
ARY51			
AG+30 990	GSC 02501-00714	SAO 61615	
BD+30 1886	2MASS J09385021+3016381	TYC 2501-714-1	
** COU 1254	PPM 74667	WDS J09390+3017AB	
STTA108			
HD 97371	CCDM J11126+3549B	IDS 11071+3621 B	SKY# 21366
** STT 4108B	GEN# +1.00097371	IRAS 11099+3606	TYC 2522-1736-1
AG+36 1054	GSC 02522-01736	2MASS J11124427+3549484	UBV M 16868
BD+36 2164	HIC 54763	PPM 75738	WDS J11125+3549B
BDS 5699 B	HIP 54763	SAO 62453	
SKF 10			
BD+44 2434p	ASCC 412804	2MASS J15110237+4424198	USNO-B1.0 1344-00272229
AC2000 1471456	CSI+44 2434 2	PPM 54584	WDS J15111+4424
AG+44 1227	LSPM J1511+4424	TYC 3051-653-1	
ARY 52			
HD 135339	GSC 03868-00772	2MASS J15122617+5255481	TYC 3868-772-1
AG+53 991	HIC 74411	PPM 34876	YZ 53 4710
AGKR 13601	HIP 74411	SAO 29443	no WDS# in SIMBAD
BD+53 1771	IRAS 15109+5307	SKY# 27552	WDS J15124+5236
ARY 53			
HD 136674	GSC 03488-00310	2MASS J15194902+5217149	TYC 3488-310-1
AG+52 1032	HIC 75024	PPM 34927	YZ 52 4731
BD+52 1867	HIP 75024	SAO 29484	no WDS# in SIMBAD
WDS J15198+5217			
KZA 44			
TYC 3022-2137-1	WDS J13104+3744		

TABLA 2. OTRAS DENOMINACIONES DE LOS PARES ESTUDIADOS (CONT.).

KZA 55			
AG+44 1122	GSC 03031-01105	NSV 6210	TYC 3031-1105-1
BD+44 2269A	HD 116303	PPM 53514	UBV M 19322
BD+44 2269	HIC 65230	Renson 33560	uvby98 100116303 V
GC 18094	HIP 65230	SAO 44582	WDS J13221+4354
GCRV 7943	HR 5045	SKY# 24676	
GEN# +1.00116303	2MASS J13220393+4354122	TD1 16809	
KZA 71			
BD+39 2661	GSC 03026-00854	PPM 77297	TYC 3026-854-1
AG+39 1355	2MASS J13361489+3858466	SAO 63638	WDS J13363+3514
MLB 218			
TYC 4242-1271-1	GSC 04242-01271	2MASS J19404294+6609142	WDS J19407+6610
SLE 232			
TYC 4242-1271-1	GSC 04242-01271	2MASS J19404294+6609142	WDS J19407+6610

Francisco Rica

un referente imprescindible

No será posible hablar de estrellas dobles sin hacer referencia a la figura de Francisco Manuel Rica Romero. Hace ya unos cuantos años que este emeritense ilustre capitanea y lidera el campo de las estrellas dobles desde la perspectiva no profesional. La constancia, la seriedad, el estudio y la honestidad, junto al aderezo esencial de un profundo amor por la astronomía, son algunas de sus herramientas de trabajo. No es extraño que con estos ingredientes se haya situado, más que merecidamente y por pleno derecho, a la cabeza del nutrido grupo de astrónomos que a día de hoy bregamos con las estrellas dobles. Todos nosotros, a lo largo de nuestra evolución como doblistas, hemos pasado más pronto o más tarde por las manos pacientes de Paco Rica. Nuestra generación es sin duda producto de su escuela y él es el referente a seguir e imitar: su forma de enfocar el trabajo conducirá con total seguridad al éxito y al rigor científico. Efectivamente, estamos en deuda con Rica por haber instaurado en nuestro país y fuera de él, la aplicación de

los métodos científicos profesionales en nuestra forma de tratar el estudio de las estrellas dobles, única manera a la postre de dar credibilidad, calidad y solidez a los resultados de nuestros estudios. Ahora, el doblista avanzado realiza estudios astrofísicos de todo tipo y es capaz de caracterizar con gran fiabilidad la naturaleza de las estrellas dobles. Paco Rica es el responsable directo de este cambio radical en la forma de trabajar. Sus aplicaciones informáticas, cedidas siempre en gratuidad, disfrutan ya de una gran reputación entre los interesados por las dobles y su difusión es totalmente internacional.

Sus proyectos de trabajo, siempre innovadores y siempre bastante por delante de los nuestros, avalan su carácter de líder y de maestro; sus resultados y sus logros, eminentemente profesionales, constituyen la estela a seguir para lograr el crédito en nuestra actividad astronómica, sin dejar de lado, jamás, la modestia y la generosidad. Las maneras de Paco Rica así nos lo enseñan día tras día. **Gracias.**

Entrevista realizada por Edgardo R. Masa Martín

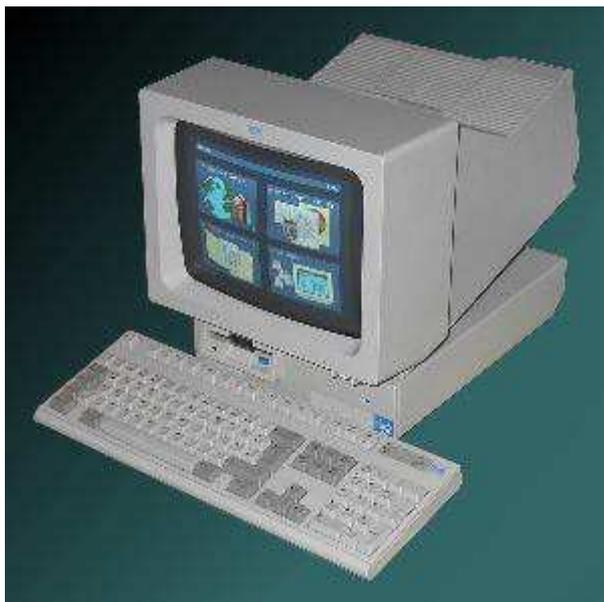


Edad (aunque sea de forma aproximada...). Nací en Mérida en el año 1972 (tengo 42 años), pero me siento bien joven (sonrisas).



Historial formativo (estudios básicos, formación profesional, estudios universitarios): Desde pequeño yo era un niño inquieto y curioso que no podía estar sin hacer nada. Recuerdo esos largos veranos en los que me dedicaba a diseñar juegos de mesa, a realizar estadísticas de los coches que pasaban por mi calle durante la hora de la siesta, a tomar temperaturas dos veces al día y hacer gráficas en cuadernos milimetrados. Durante los primeros años de mi vida estudié en el Colegio “El Calvario” (al igual que mis tres hermanos) sito en la Calle Calvario de Mérida. Esta era una época en la que se respetaba a los “maestros”, los cuales eran además unos segundos padres. Fue una época agradable en la que los niños teníamos una educación y mentalidad diferente a la de ahora, en la que se cantaba el himno y se rezaba. Por casualidad, mi mujer también estudio allí, pero 5-6 cursos atrás, ya que en su infancia vivía cerca de mi casa, si bien no la conocí hasta muchos años después, cuando vivía en la otra punta de la ciudad.

Tras acabar la EGB pase a estudiar BUP y COU en el instituto Santa Eulalia de Mérida, que recibe el nombre de la patrona de nuestra ciudad, la mártir Santa Eulalia. Otra época bonita donde conocí a algu-



Ordenador IBM PS2, el primer ordenador personal de Paco, junto antes de empezar su carrera de Informática.

nos buenos amigos, algunos de los cuales conservo aún. Fue una época de mucho estudiar. Yo era un buen estudiante (me dieron matrícula de honor al finalizar COU) aunque para nada me considero inteligente ni listo (y no es falsa modestia) y mis frutos académicos fueron más bien debidos a mis muchas horas de estudio diario. Finalmente entré en la Escuela Politécnica de Mérida donde cursé la carrera de Informática en 1992. Recuerdo ese primer ordenador IBM PS1 (figura 1) que mis padres compraron al banco BBVA con tanto sacrificio. ¡Tenía 30 Mb de disco duro y 1 Mb de RAM! Sí, sí, las cantidades están bien, no son un error. Da risa compararlos con un ordenador actual e incluso con un móvil. Disponía de un sistema operativo gráfico a color que se cargaba desde la ROM del disco duro. ¡Toda una innovación! En 1996, año en el que empecé el servicio militar, presenté mi proyecto fin de carrera, y... cómo no, estaba relacionado con la Astronomía.



Trabajo actual. ¿Tiene alguna relación con la Astronomía? ¿Te ha ayudado en algo tu profesión?

Tras pasar unos meses trabajando como informático en el Museo Nacional de Arte Romano en Mérida, en 1998 pasé a trabajar como programador en una empresa de software a medida, en la cual continuo actualmente.

Los conocimientos de programación han sido muy importantes para resolver ciertos problemas relacionados con mi forma de hacer Astronomía. Muchas son las rutinas informáticas que me han facilitado enormemente múltiples tareas en mis investigaciones. ¿Conocéis algunos de mis *éxceles*? Pues algunos de ellos tienen macros programadas en Visual Basic, como por ejemplo aquellos ficheros *éxceles* relacionados con las órbitas de las binarias. ¡Qué sería yo sin mis *éxceles*!



¿Algún miembro más de tu familia interesado en la Astronomía?

Aunque actualmente no hay ningún miembro de mi familia interesado por la Astronomía aún mantengo mis esperanzas intactas ya que mi mellizos (sí, sí, hasta para tener hijos los tengo por partida doble, jajaja) son aún pequeños (4 años). Ya con dos años sabían identificar al planeta Júpiter y recientemente les regalé un pequeño telescopio de juguete que les traje del Planetario de Castellón. Sería una gran satisfacción si a uno de mis dos mellizos le hiciera feliz la Astronomía.



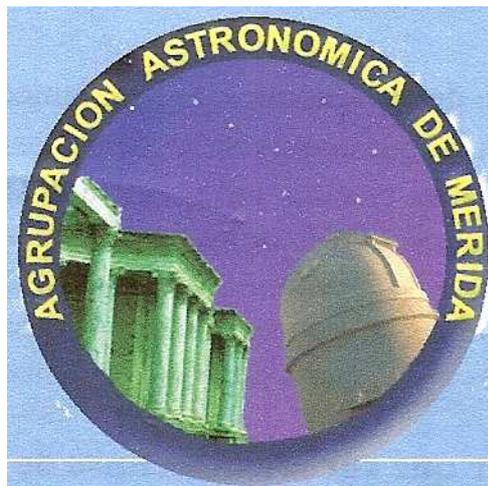
¿Algún otro hobby?

Ninguno que se acerque al nivel de dedicación de la Astronomía. Aunque me gusta la naturaleza (sin duda gracias a los largos paseos por el campo que me daba con mi padre), viajar, la cultura, la historia y todo lo referente a la ciencia.



¿Qué opina tu mujer de esto de la Astronomía?

Bueno, cómo explicarlo, mi mujer está orgullosa de mis logros aunque sólo soy consciente de ello cuando ella me dice “he estado hablando con tal persona sobre astronomía y le he dicho esto y esto”, aunque nunca estoy presente cuando esto ocurre. Lamentablemente, apenas puedo hablar con mi esposa de Astronomía ya que ella no entiende y no se siente cómoda. Actualmente compatibilizamos bien el tiempo que dedico a la Astronomía y las obligaciones familiares, tema importante en la relación de pareja.



Logotipo de la extinta Agrupación Astronómica de Mérida, en la que viví mis primeros años de afición y de la que tengo muchos y buenos recuerdos.

Con la mente en las estrellas...

LA ASTRONOMÍA COMO PASIÓN



¿Cómo comenzó todo? ¿Desde cuándo el interés por la Astronomía?

Mi pasión por las estrellas comenzó cuando era un niño. A la edad de 12 años (aproximadamente) estuve convaleciente en cama dos meses por una enfermedad. Mi padre me regaló un libro de gran tamaño pero *de poco lomo* relacionado con temas del espacio y las estrellas. No recuerdo su título pero sí que había páginas llenas de color con explicaciones y también páginas donde incluía unos juegos de mesa que me hacían echar la imaginación a volar. Recuerdo uno que consistía en mover unas fichas por un tablero lleno de casillas en las que se debía llegar a unos asteroides para recoger sus minerales y llevarlos a la base. Este libro y sus juegos calaron muy hondo en mí y mi imaginación traspasó la frontera de nuestra atmósfera. Creo que desde entonces, ese libro y el amor por el Espacio y la Astronomía ocuparon un lugar fijo en mi corazón. Hoy en día recuerdo con nostalgia este regalo de mi padre y de vez en cuando tengo la fantasía de que logro encontrarlo en alguna librería de libros antiguos. Siempre agradeceré a mi padre este regalo que tanto bien ha hecho en mi vida. ¿Sin ese libro yo hubiera conocido la Astronomía? Papá, si me escuchas en algún lugar, ¡gracias!



¿Tu primer equipo?

Mi primer equipo llegó hace ya mucho tiempo cuando tenía quizá unos 14 años. Fue un telescopio refractor ZEUSS de 60 mm de abertura y 900

mm de focal (foto de portada), esos con tubo naranja, regalo de un buen amigo. Aún conservo el telescopio aunque hace tiempo que no lo uso (y ganas tengo) y espero me acompañe toda mi vida. Con él tengo unos recuerdos entrañables: mis primeras experiencias a pie de telescopio, en la terraza de la casa de mis padres, mis primeras salidas observacionales con amigos de afición...



Aquella noche mágica al telescopio fue...

Haciendo memoria... creo que más que con una noche mágica me quedo sin duda con las primeras noches al telescopio, en la terraza de la casa de mis padres, al comienzo de mi afición... Era una época (en torno a 1990) diferente a la actual. Internet era un privilegio que no se podía permitir un particular y cada noche significaba descubrir un misterio más del Cosmos a lomos de un libro astronómico (La Guía del Firmamento) o de rudas cartas de localización. Esa unión del telescopio, cielo y libro unido a la gran ilusión de la juventud y la afición que se inicia, provocó una magia sin igual. Esa terraza era como mi despacho, mejor como mi laboratorio, sumido en una gran tranquilidad e intimidad, me maravillaba con todo lo que veía.

Por supuesto algunas noches para enmarcar fueron la de la colisión del Shoemaker-Levy 9 en Júpiter, con una salida maratoniada desde el anochecer hasta el amanecer en compañía de grandes amigos, y



Uno de las experiencias astronómicas más emotivas fue la visita en el año 2009, a la casa de Sevilla de D. José Luis Comellas, toda una eminencia en España y mentor, directa o indirectamente, de todos los doblistas españoles.

más recientemente la tormenta de las Leónidas en 2001. ¡Jamás vi tantas estrellas fugaces como aquella vez!

Otra gran experiencia astronómica tuvo lugar en Sevilla en el año 2009. No era precisamente de noche, ni había un telescopio al lado, pero me gustaría resaltar este hecho precisamente por su magia. En enero de ese año, varios doblistas españoles visitamos en su casa de Sevilla al maestro D. José Luis Comellas, maestro de maestros, una gran persona él y su mujer, que nos cautivaron por su amabilidad y humildad sin límites (y eso que estamos hablando de personas con un curriculum profesional que pocos pueden igualar). Esta primera visita se repitió este mismo año, cuando le presentamos la nueva versión de su catálogo de estrellas dobles.



¿Cuál es tu equipo actual?

Sorprendentemente no he cambiado de equipo (sigo teniendo el refractor de 60 mm) aunque hace años me compré el pequeño ETX70 que vendió Lidl y que tanto boom hizo entre los amateurs de la Astronomía. Yo no suelo salir mucho al campo, pero con el ETX70 hemos descubierto la comodidad de una montura motorizada con un GOTO. El telescopio no tiene buena óptica pero para asombrar a algunos amigos con la Luna y los planetas es útil.



¿Qué tal la relación con otros astrónomos de tu entorno? ¿Pertenece a alguna asociación?

Yo pertenecía a la Agrupación Astronómica de Mérida, pero hace ya muchos años que desapareció (Mérida es pequeña y apenas hay aficionados con cierta experiencia), si bien desde hace relativamente poco conocí a José Luis Castaño, un joven aficionado que, con su empuje y saber, promete convertirse en un buen astrónomo aficionado. Lo más importante: ¡le encantan las estrellas dobles, no sólo observarlas sino medirlas! ¿Qué más se puede pedir? En cuanto al resto de aficionados en la comunidad extremeña, estamos en contacto por un foro de Yahoo llamado *Fexda*, si bien los encuentros físicos son escasos y la verdad es que se echa de menos.

Afortunadamente, tengo unos cuantos amigos, muchos de ellos astrofísicos, repartidos por el mundo. Cuando dirigía la Sección de Estrellas Dobles de la revista *Astronomía*, contactó conmigo un chico de Córdoba con serias aspiraciones doblistas. Su nombre, Rafael Benavides. Hace tanto del comienzo de nuestra amistad, que nos intercambiábamos cartas por Correo Postal. Desde entonces esa amistad no ha dejado de crecer.

Mi relación con los astrofísicos Brian Mason y William Hartkopf va ya para más de 10-15 años; personas importantes en mi trayectoria fueron el alemán Andreas Alzner y Henry Zirm, mi amigo Florent Losse, etc. Más tarde, conocí a mi compañero y hermano, Edgardo Masa. ¡Qué tipo tan fabuloso! Y afortunado puedo sentirme al tener en mi región a dos grandes doblistas: Juan-Luis González Carballo y Antonio Agudo (¡chicos, ¿cuando quedamos para tomar una cerveza y charlar?!).



Alguna anécdota relacionada con tu afición a la Astronomía.

Todo astrónomo aficionado tiene su colección de anécdotas. La más destacable quizá sea la que os relato a continuación. Una situación un tanto peligrosa sucedió hace ya muchos años. Estaba en la casa de campo de mi ciudad junto con dos aficionados de Mérida. Antes de las 00 horas vimos llegar a unos 100-200 metros un grupo de hombres en uno o dos coches. No hablaban castellano, quizá portugués. Parecía que recitaban algún tipo de ritual solemne. Como no habían advertido nuestra presencia, pensamos

que quizá podríamos correr algún tipo de peligro, así que decidimos meter en el coche los telescopios casi sin desmontar y salir de allí sólo con las luces de posi-

ción. Días después preguntamos a la Guardia Civil, la cual nos dijo que ¡no era la primera vez que se celebraba alguna misa negra por esa zona!

Y el corazón en las dobles...

LA ESPECIALIZACIÓN EN LAS ESTRELLAS DOBLES



¿Por qué las dobles? ¿Cómo empezó tu interés por ellas? Tu doble favorita.

Todo empezó cuando un buen amigo me regaló La Guía del Firmamento de José Luis Comellas. Creo que tenía unos... 14 años quizá (en torno a 1985). Ahí empezó el gusanillo por las estrellas dobles. Sí, yo soy otro discípulo de José Luis. Me devoré el libro como si fuera uno de aventuras. Me fascinaron las descripciones de Comellas, su pasión, la gran cantidad de objetos que se podían ver, especialmente estrellas dobles. En esa época me construí un micrómetro muy rudimentario. Y cuando digo rudimentario es que lo era (soy muy malo para el bricolaje). Hice algunas mediciones de alguna doble muy abandonada y me fascinó ver como mi medida se parecía a la catalogada. Recuerdo que la primera doble que medí fue 15 Aquilae. Realmente tengo un gran recuerdo a esta doble (por cierto, ¡no he vuelto a visitarla! ¡Eso hay que solucionarlo!).



¿Qué crees que aportan las dobles a un amateur avanzado como tú? ¿Y a la ciencia en general?

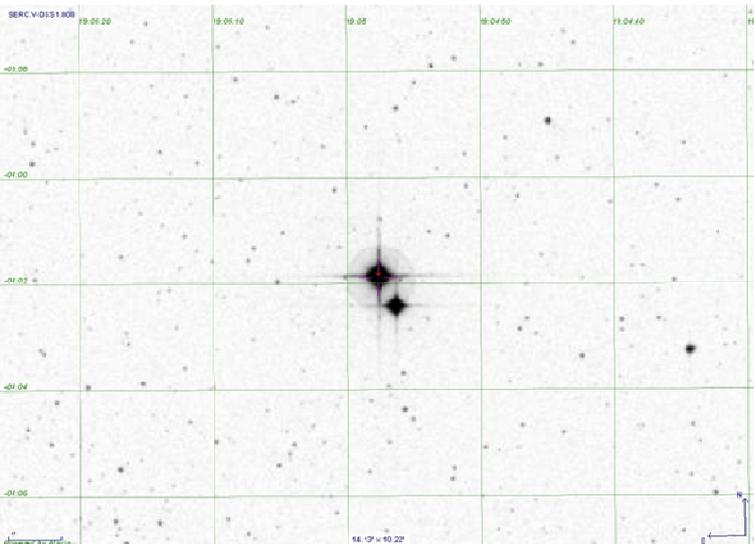
Desde bien joven me apasiona observar y estudiar las estrellas dobles. Hace unos años comencé a leer con regularidad artículos de investigación sobre este tema publicados en las más prestigiosas revistas profesionales (debo llevar cerca de un millar de artículos leídos). Esto me ha permitido dar un salto cualitativo inimaginable en mi nivel de Astronomía. Tanto es así que si borráramos de mi mente todo lo que he aprendido de estos artículos, todo lo que me ha servido para aplicarlo en mis trabajos de investigación, ahora mismo, yo solamente me dedicaría a observar y medir



Muchas fueron las horas de lectura y a pie de telescopio que Francisco Rica pasó junto a La Guía del Firmamento de José Luis Comellas.

estrellas dobles. Me fascina esta lectura, en inglés por supuesto, estar al día de cuánto se hace, de las nuevas técnicas y recursos usados por los profesionales. Es como un vicio.

Hay dos pilares fundamentales en mi vida: mi familia y las estrellas dobles. Es un placer poder estudiar estos objetos, un simple amateur determinando características astrofísicas no conocidas previamente para las estrellas en estudio, calcular órbitas.... El tener los conocimientos y herramientas para revelar todos



15 Aquilae, la primera doble medida por Paco

sus secretos me apasiona y motiva. Fijarte en un punto estelar y ser el primero en dar respuestas a preguntas como ¿Y qué tipo de estrella es? ¿Es más grande que el Sol? ¿A qué distancia se encuentra?, usando tus propias herramientas y conocimientos, NO TIENE PRECIO.

Si me permitís una confesión: creo que las estrellas dobles es lo único que se me da realmente bien en la vida (soy un poco trasto en el resto de las facetas) ¿Cómo voy a dejar de estudiarlas? Quizá por ello creo que no soy exagerado si digo que las estrellas dobles dan un contenido especial a mi vida, y me hacen sentir especial. Las dobles son como si fuera el aire que hace sonar a una flauta. Sin aire dentro, la flauta tiene poco valor y sentido.

El estudio de las estrellas binarias es una rama tradicional en la historia de la Astronomía. Durante dos siglos ha sido un campo de investigación de grandes satisfacciones. Gran cantidad de astrónomos usando sus micrómetros y telescopios para medir y medir, a pie de telescopio, estos pares de estrellas con el objetivo de calcular sus parámetros orbitales. Estas órbitas proporcionaban y proporcionan una forma casi única de determinar las masas de las estrellas. Hoy en día la Astronomía y Astrofísica ha evolucionado mucho. Hay otras ramas más de moda que tienen mucho más hueco en las revistas profesionales. Pero, no obstante, aún es importante para determinar la masa de ciertos tipos de estrellas poco conocidos, como las enanas marrones, las estrellas de gran masa o las estrellas pre-secuencia principal. En estos casos los astrofísicos no escatiman en medios para realizar sus artículos de investigación. Cuando GAIA ofrezca su ingente cantidad de datos, la aportación a la astrofísica no tendrá precio.



Tu mayor logro en este campo de trabajo.

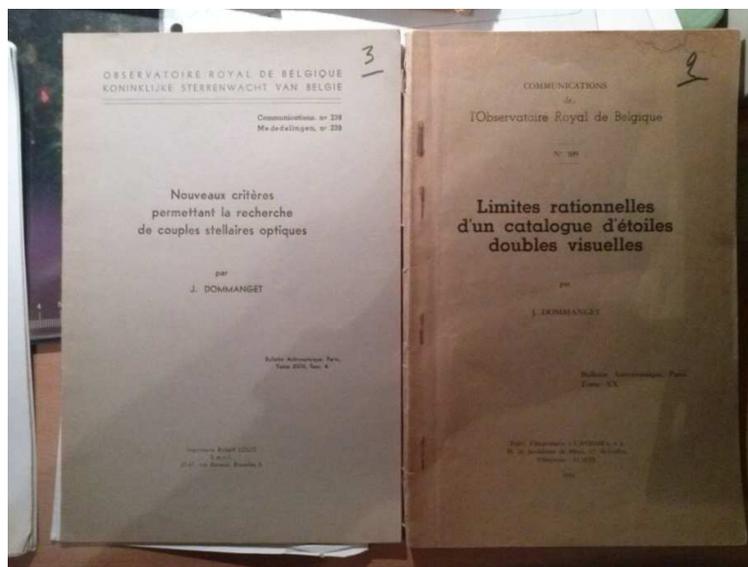
Son muchas las satisfacciones y logros conseguidos gracias a la Astronomía, casi todos recientes. Ya desde hace unos años me atraían mucho los estudios astrofísicos de las estrellas que componen las dobles. La lectura de los muchos *papers* profesionales me hizo aprender muchas cosas que me permitían caracterizar astrofísicamente a una estrella. Todos estos conocimientos iban engordando unas herramientas en Excel que a día de hoy son mis Joyas de la Corona. Ahora puedo obtener el tipo espectral, la distancia, velocidad, masa, enrojecimiento interestelar, etc., introduciendo en un Excel una serie de datos de entrada y pulsando un botón. ¡(Casi) así de simple! La satisfacción que da ver que tus resultados son muy similares a los de los profesionales sólo es superada por la satisfacción que da obtener nuevos datos astrofí-

“Hay dos pilares fundamentales en mi vida: mi familia y las estrellas dobles”

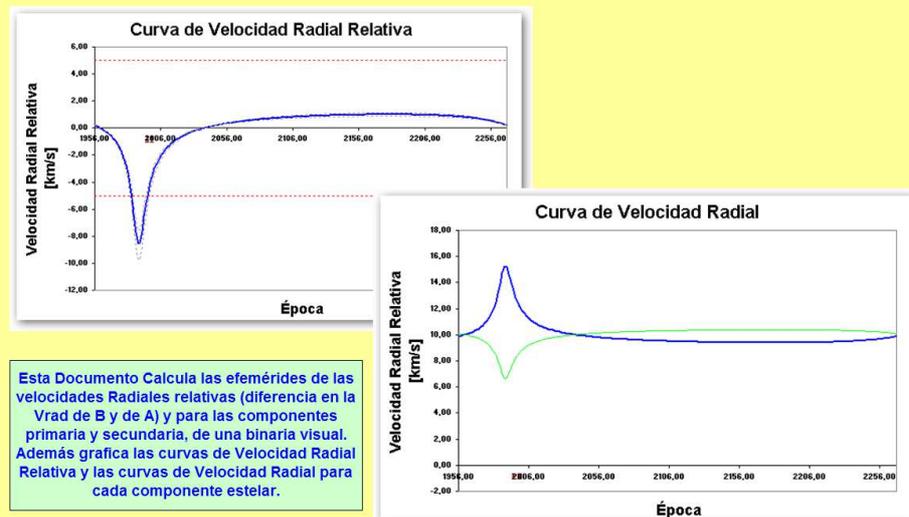
sicos no conocidos por la comunidad científica. Hoy me siento muy feliz viendo que he creado escuela ya que ahora hay un buen grupo de amateurs españoles y latinoamericanos (y también norteamericanos) que intentan seguir mis métodos de caracterización astrofísica. ¡Y eso, como dice quien ya sabéis, me llena mucho de orgullo y satisfacción!

Otro hito importante fue cuando empecé a conocer diversos métodos para determinar la naturaleza de las estrellas dobles. Los métodos de Dimistris Sina-chopoulos, Peter van de Kamp y Jean Dommanget fueron los primeros que conocí en mis lecturas de artículos profesionales. El método de este último me llegó gracias a la actitud altruista del mismo Jean Dommanget, astrofísico francés que trabajaba por aquel entonces en el Observatorio Real de Bélgica. Fue un momento mágico cuando me llegaron directamente de Bruselas tres pequeños libros en francés explicando su forma de proceder para determinar la naturaleza (óptica u física) de las estrellas dobles. Sin tener ni idea de francés traduje el primero de los libros. Una tarea realmente tediosa. A día de hoy tengo varias herramientas Excel que utilizan diversos métodos para determinar la naturaleza de las estrellas dobles.

En el año 2004 se publicó el libro *Observing and Measuring Visual Double Stars* de Bob Aygyle. A mí me llegó quizá un año después. Este libro te daba una visión moderna y casi completa del mundo de las dobles visuales ¡y contenía varios capítulos dedicados a las órbitas y a los cálculos orbitales! Uno de estos capítulos fue escrito por el astrónomo alemán Andreas Alzner. Este astrónomo es medio profesional porque estudió astrofísica aunque no terminó la carrera. ¡Tuvo de profesor nada más y nada menos que a W. D. Heintz! Su capítulo encendió dentro de mí las ganas por calcular parámetros orbitales. En el año 2006/7 me lo planteé seriamente. Era una gran ilusión poder con-



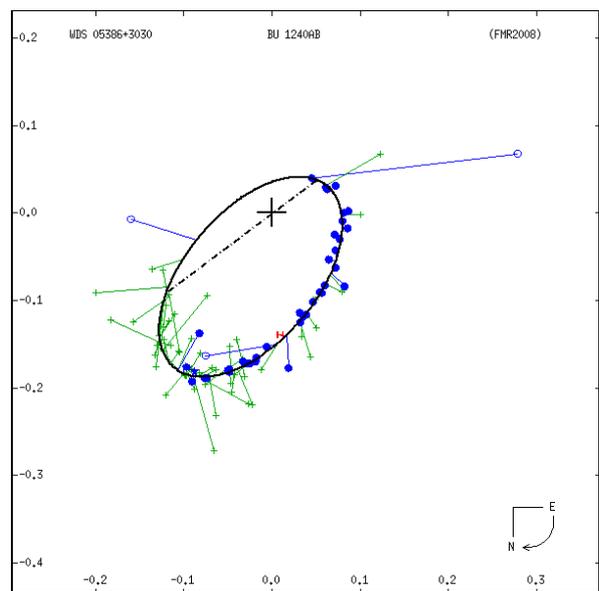
Libros del astrofísico Jean Dommanget donde se detallaba su método para determinar si un par de estrellas tenía una dinámica compatible con un movimiento kepleriano.



Este Documento Calcula las efemérides de las velocidades Radiales relativas (diferencia en la Vrad de B y de A) y para las componentes primaria y secundaria, de una binaria visual. Además grafica las curvas de Velocidad Radial Relativa y las curvas de Velocidad Radial para cada componente estelar.

seguirlo. Antes de esta lectura, este campo no era más que algo estupendo que hacían lo astrofísicos, sin que ningún amateur pudiera llegar a adentrarse en sus misterios. Intenté seguir el método gráfico que incluía en el libro de Bob Argyle (junto con otro método gráfico de Ronald Tanguay publicado en la extinta revista americana *Double Star Observer*). Más tarde contacté con Andreas Alzner quien amablemente me envió por correo convencional (¡qué bien sienta recibir documentos físicos!) unas fotocopias de parte de un libro con los métodos de cálculo de corrección diferencial (publicados por W. D. Heintz) que él usaba. ¡Necesité varias lecturas a estos documentos para empezar a entender algo! En seguida empecé a implementar estos cálculos en, por supuesto, un documento Excel. Los errores cometidos por mí, errores de interpretación de las fórmulas y errores de la información pasada por Andreas, nos exigió tiempo y esfuerzo, hasta testear y finalizar todo el proceso de cálculo. Andreas fue una ayuda fundamental ¡tuvo la santa paciencia de revisar muchos cálculos! ¡Desde entonces le tengo un gran aprecio! Hoy en día he implementado hasta cinco métodos diferentes de cálculo orbital. ¡Quién lo iba a decir! No os imagináis la gran satisfacción que supone.

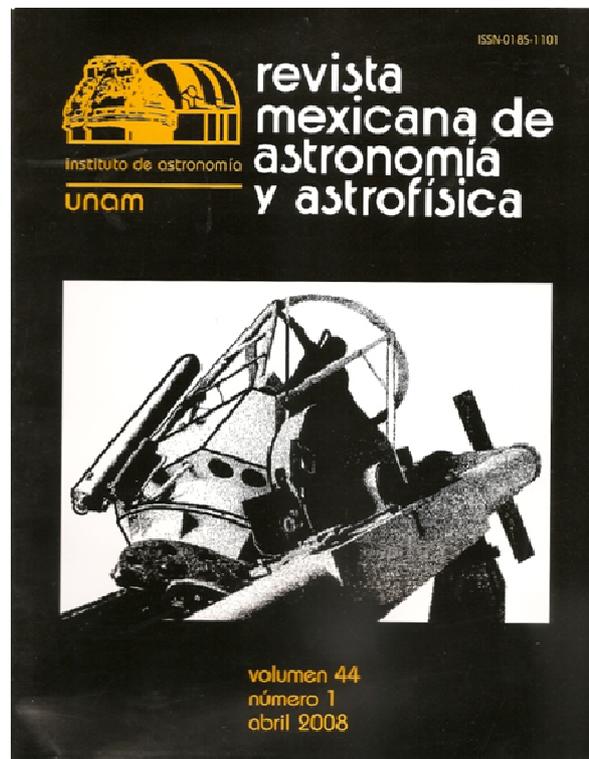
El primer cálculo orbital fue para BU 1240 AB, binaria cuya órbita necesitaba una mejora. Para ello



Órbita de la binaria BU 1240 AB, la primera órbita calculada por Rica.

utilicé un método gráfico y la corrección diferencial publicada por W. D. Heintz (la que me facilitó Andreas). Tras finalizar el cálculo pensé que bien merecía la pena publicar mis resultados en una revista profesional. Este reto tampoco iba a resultar fácil. Había escrito varias decenas de artículos en revistas no profesionales y la exigencia de las que sí eran profesionales, era significativamente mayor. Tras escribir el artículo usando Microsoft

Word, la revista en la que decidí publicar mi artículo, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica* (una de las 10 más destacadas del mundo), aceptaba artículos sólo escritos con el procesador LaTeX (usado casi en la totalidad de las revistas profesionales). ¿LaTeX? ¿Qué era eso? ¿Cómo funcionaba? ¿Se puede usar en Windows? ¡Ese fue el comienzo de un largo camino hasta poder obtener un texto escrito en LaTeX! Deciros que este editor no se parece en nada a los procesadores ofimáticos usados por la mayoría de nosotros y más bien se parece a un lenguaje de marcas tipo HTML o XML. Tras finalizar el artículo comenzamos el protocolo del envío del artículo a la editorial de la revista mexicana. No sabía si me aceptarían el artículo (ya me lo rechazaron en la revista profesional MNRAS) ya que soy un simple amateur sin pertenencia a ninguna institución profesional. ¡Semanas después recibo respuesta de la editorial aceptándome el artículo! Poco después recibí el informe del árbitro (todo artículo es revisado por un astrofísico designado para ello) el cual fue bastante duro.



Portada de la revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica en la que publiqué por primera vez un artículo profesional y en la que me estrené publicando una órbita, precisamente para BU 1240 AB.



Interior de la cúpula del telescopio Carlos Sánchez, en el Observatorio del Teide. Parte del equipo que participa en el proyecto de investigación de binarias cerradas.

La sensación recibida fue una mezcla entre lo mucho que me queda por aprender y la gran cantidad de cosas que voy a aprender. Tardé meses en seguir las sugerencias del árbitro y corregir los errores comunicados. Pero como todo pasa, en el 2008 la editorial publicó mi primer artículo profesional ¡Todo un logro para un simple amateur! Por cierto, la astrofísica que hizo de árbitro es española y ya me conocía de antemano. Por supuesto le agradecí la dureza con la que revisó mi trabajo.

El mismo año de mi estreno en una revista profesional, asistí en calidad de ponente al Congreso Estatal de Huesca. Allí conocí a Juan Antonio Henríquez, de las Islas Canarias, más conocido por ser el descubridor de la explosión del cometa Holmes. Mantuvimos una conversación larga e interesante, que terminó en amistad. Juan Antonio conocía mi trayectoria y me propuso solicitar tiempo de observación en el telescopio IAC80 y así poder mejorar mis estudios de estrellas dobles. Tras ciertas gestiones, el astrofísico Rafael Barrena me propuso utilizar no el IAC80 sino ¡el telescopio Carlos Sánchez (TCS) de 1,5 metros de diámetro!, con su estupenda cámara *Lucky Imaging Fastcam*. ¡No podía creer lo que me estaba pasando! Sin perder tiempo, preparamos la documentación necesaria (justificación científica, detalles del proyecto a llevar a cabo, integrantes del equipo, etc.) para solicitar tiempo en el TCS. El protocolo que íbamos a seguir iba a ser

el mismo por el que pasan todos los astrofísicos y no íbamos a tener ningún trato de favor. De hecho, yo prefería mantener en secreto nuestra condición de no profesional por si nos pudiera perjudicar (por cierto, creo que somos los primeros amateurs en acceder al TCS). ¡No hay palabras adecuadas para expresar la gran alegría que sentimos cuando aceptaron nuestra propuesta! ¡Iba a estudiar binarias cerradas (de hasta 0,14") con un telescopio profesional! No podía creer lo que estaba sucediendo. Han pasado 5 años y ¡seguimos observando en el TCS, midiendo binarias y calculando órbitas! Todavía tenemos muchos datos que publicar. Decir como dato importante que los resultados del año 2009 fueron publicados en la prestigiosa revista profesional *Monthly News Royal Astronomical Society* (MNRAS) publicada en Reino Unido desde 1831.

Como veis son muchos los logros y barreras superadas, barreras aparentemente insalvables. ¡Recordad siempre que no hay metas imposibles sino objetivos importantes!



¿Retos para el futuro? ¿Qué planes tienes?

El futuro es prometedor. El satélite europeo GAIA llenará nuestros ordenadores de preciosos y precisos datos sobre nuestras queridas estrellas y por tanto sobre nuestras queridas dobles. Uno puede pensar que ya estará todo hecho y que nos va a jubilar a todos, pero no es así. Los datos de GAIA

DOUBLE STAR OBSERVER

Issue #28

January/February 2002

Vol.8, No.1

- A journal devoted exclusively to visual double star astronomy -

Editor/Publisher: Ronald C. Tanguay
306 Reynolds Drive
Saugus, MA 01906-1533

Established in 1993

Published Bimonthly

Cabecera de un ejemplar de la revista Double Star Observer (DSO).

nos permitirán determinar con bastante fiabilidad la posible naturaleza de todas las dobles visuales catalogadas. ¡Ya no habrá que pelearse para saber si una doble es física o es óptica! Los datos de GAIA nos permitirán hacer estudios dinámicos con gran precisión e incluso calcular parámetros orbitales preliminares, usando métodos adecuados, para pares impensables anteriormente, como por ejemplo las binarias separadas con exoplanetas. Este será uno de mis grandes planes para el futuro.

En cuanto a la publicación de investigaciones, en los próximos meses comenzaré un artículo de investigación donde incluiremos los resultados observacionales (medidas astrométricas y nuevos parámetros orbitales, principalmente) conseguidos con el telescopio Carlos Sánchez durante los años 2010-2012. También en breve enviaré otro artículo sobre el estudio dinámico y cálculo orbital de una binaria separada con un exoplaneta ya conocido. Ambos artículos se publicarán en la prestigiosa revista MNRAS. Algo más retrasado se encuentra otro artículo que publicará de forma más detallada tres nuevos sistemas binarios que encontré hace un tiempo. Este trabajo se encuentra en fase de revisión y mejora por parte de un astrofísico de la Universidad Complutense de Madrid. Se publicará en la prestigiosa revista *Astronomy & Astrophysics (A&A)*.



¿Cómo ves el panorama de las estrellas dobles a nivel nacional?

Cuando empecé en esto de las estrellas dobles, a finales de la década de los 80, apenas había aficionados a este campo en España. Contábamos con José Luis Comellas, en Sevilla y con Tòfol Tobal, en Cataluña. A nivel profesional sólo contábamos con los astrofísicos del Observatorio Ramón María Aller, en Santiago de Compostela. Hoy en día el panorama doblístico ha cambiado de forma radical, ¡hay doblistas por doquier! ¡Y doblistas con entusiasmo, constancia y conocimientos! Es una alegría enorme comprobar que la labor de divulgación y formación de algunos de nosotros ha surtido efecto. Actualmente, España posiblemente sea el país con más aficionados y con más nivel en todo el mundo. ¡Se dice bien pronto! Los americanos y los franceses, países fuertes en esto de

las dobles (especialmente Francia), nos envidian por la gran actividad de nuestros foros y por la impresionante revista especializada en estrellas dobles que tenemos en España, me refiero por supuesto a nuestra querida *El Observador de Estrellas Dobles (OED)*. Desde Latinoamérica, la LIADA ofrece una labor formadora vital para los doblistas latinoamericanos gracias a sus completos cursos. Vivimos una época dorada para las dobles.



¿Y a nivel europeo/mundial? ¿Qué tal la relación con nuestros compañeros argentinos?

Como en otras muchas áreas de la vida, en esto de las dobles también hay diferencias según el continente. Estados Unidos y sobre todo Europa tienen una gran tradición histórica. El nivel económico y de desarrollo ha propiciado que muchas personas dediquen tiempo a sus hobbies, como las estrellas dobles. En Europa la mayor actividad y nivel, en mi opinión, se concentran en España, Francia, Reino Unido y Alemania (Rainer Anton y Henry Zirm son dos personas que destacaría). En Latinoamérica en los últimos años está surgiendo una importante labor doblística. La sección de estrellas dobles de la LIADA, primero dirigida por mí y a partir de ahora por Carlos Krawczenko ha hecho una fantástica labor. El foro *Gedraa* es uno de los más activos del mundo y cuentan con importantes doblistas argentinos que participan en proyectos de nivel (incluso usando telescopios profesionales). La relación con ellos, especialmente con Carlos Krawczenko es cordial, como no podía ser de otra forma.



¿Crees que las dobles son suficientemente reconocidas/tratadas por la comunidad amateur nacional o están, de alguna manera, poco estudiadas?

Aunque en los últimos años la actividad y el nivel de los trabajos relacionados con las estrellas dobles se han incrementado exponencialmente en España, creo que aún no estamos al nivel de otros campos como las estrellas variables, los cometas o la astrofotografía. No obstante, no debemos obsesionarnos con la cantidad sino más bien con la calidad y en este sentido los doblistas españoles tienen un nivel técnico de lo mejorcito a nivel mundial. Basta con hojear los trabajos que se

han publicado en OED desde sus inicios.



Háblanos de tus publicaciones, cuéntanos algo de ellas.

Desde el 2001 son ya más de 60 los artículos publicados, principalmente de investigación, aunque también algunos de formación, sobre estrellas dobles. Los primeros trabajos fueron publicados en *Tribuna de Astronomía* y ya fuera de nuestras fronteras, en las circulares de la entidad británica de la *Webb Society* y en la extinta revista americana *Double Star Observer* (DSO). Mi primer trabajo se titulaba "Struve 889: an optical double star". En 2005 empecé a publicar en la naciente revista americana *Journal of Double Star Observations* (JDSO), que sustituía a la desaparecida DSO. En 2008 y 2009 algún artículo también ocupó páginas de la revista *Universo*, publicada por la LIADA.

En 2008 también hice mi primera incursión en una revista profesional, la *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, publicando mi primer cálculo orbital. A este artículo le tengo un gran cariño ya que fue un duro reto: primer artículo profesional con un duro arbitraje y primer cálculo orbital.

En 2009 me estrené en nuestra querida revista OED, en su número 2. El artículo se titulaba "Primer estudio de estrellas dobles desde el Observatorio de Cantabria".

Entre 2010 y 2012 además de numerosas contribuciones en revistas no profesionales, publiqué tres artículos en revistas profesionales (*The Observatory*, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, y *MNRAS*).

Sería muy extenso detallar el contenido de todas mis publicaciones pero puedo resumirlo comentando los descubrimientos más importantes: descubrimiento de más de 200 sistemas binarios visuales, 74 estrellas subenanas, 14 enanas blancas y varias estrellas de alto movimiento propio. Cálculos de los parámetros orbitales de unas 25 binarias (como primer autor).



¿Qué ha supuesto para ti conducir durante años la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA?

Dirigir la Sección de Estrellas Dobles de la LIADA ha sido una tarea doblemente gratificante (como no podía ser de otra forma, jajaja). Por un lado la relación mantenida con muchos aficionados, la mayoría sin previo contacto

con las estrellas dobles, resultó ser muy motivador (siempre es un placer mostrar por primera vez a un amateur lo maravilloso de este campo). Por otro lado el proyecto que realizábamos, actualizando todas esas estrellas dobles tan abandonadas fue una labor necesaria y reconfortante. La labor realizada en el seno de la LIADA ha tenido sus frutos y muchos consideran a esta sección como una de las entidades no profesionales más importantes a nivel mundial.



¿Y la sección de dobles de Astronomía?

Recuerdo con bastante cariño esta época (1994-2000) en la que conducía la sección de Estrellas Dobles de la revista *Astronomía* (en esa época *Tribuna de Astronomía*) ya que coincidían con mis primeros pasos en el mundo del estudio astrofísico. Cuando hojeo las primeras entregas uno se da cuenta del camino recorrido y los conocimientos adquiridos. Pero es curioso que a pesar de los años pasados siempre hay algo común: la ilusión, pasión y seriedad con la que pretendo hacer siempre mis trabajos. Hace ya años que Rafael Benavides dirige perfectamente la sección, lo cual me llena de alegría, ya que *Astronomía* es un excelente escaparate para difundir el mundo de las dobles.



Ahora, eres redactor de la Sección Actualidad de OED. Tu opinión sobre esta publicación.

Bueno.... se me iluminan los ojos y me lleno de orgullo cuando me hablan de OED. Me faltan epítetos adecuados. Creo que no es "amor de español" el decir que esta revista es la mejor presentada, estructurada y con mejor nivel de cuantas se hacen en el mundo (3 revistas especializadas además de la nuestra). Sólo basta comparar OED con el resto. Me siento orgulloso de que la revista sea española y que todos los hispano-hablantes puedan disfrutar de ella. Tal es de buena "nuestra" revista, que incluso astrofísicos y amateurs americanos, así como franceses, se lamentan de no saber o dominar el castellano. Es una lástima que



Por FRANCISCO M. RICA ROMERO

En este número iniciamos una nueva sección, con la que pretendemos mostrar un par de buenas razones para aficionarnos al apasionante campo de las estrellas dobles. El autor, miembro de la Agrupación Astronómica de Mérida, ha recopilado abundante información de diversas fuentes para complementar las observaciones. En cualquier caso, todos los objetos seleccionados estarán al alcance de un pequeño refractor de 60 mm.

14 AURIGAE, Σ653

14 AURIGAE		
Coordenada:	05h15m01s +32°40'37" (2000) 05h12m +32°38' (1950)	
Distancia angular (D):	14"	
Ángulo de posición (AP):	226°	
Tipo:	Componentes relativamente fijas. No se han detectado movimientos aparentes relativos, al menos en los últimos 50 años.	
	14 Aur A	14 Aur B
Mv. aparente:	5,2	7,8
Mv. absoluta:	2,7	--
Espectro:	A0V	M4
Masa (Sol = 1):	2,4	--
Luminosidad (Sol = 1):	7	--
Radio (Sol = 1):	2,3	--
Temperatura (K):	9.850	3.000
Distancia (a.l.):	69,5	209,0
Índice cromático B-V:	0,0	--
Gravedad media (Tierra=1):	12,8	--
Densidad media (Agua=1):	0,2	--
Distancia:	104,2	--
Características en el centro de la estrella:		
Densidad (gr/cc):	45-55	--
Presión (mill. Bar):	140	--
Temperatura (mill. K):	17-21	--
Permanencia en SP:	600-2.000 millones de años	--

Primera entrega de la sección de Estrellas Dobles de la revista *Tribuna de Astronomía* (abril de 1995).

¿Cómo se forman los cúmulos estelares?

por EMILIO J. ALFARO

EL UNIVERSO es un lugar vacío y frío. Su densidad media es la del mayor vacío que se puede obtener en la Tierra con la más moderna tecnología (del orden de 10^{-31} g/cm³) y su temperatura media ronda los 3 K (-270° C); claro está que su distribución de masas no es uniforme, ni ha alcanzado el equilibrio termodinámico, así, un núcleo estelar está a millones de grados mientras que la temperatura de las nubes moleculares es inferior a una decena de Kelvin, y en las estrellas de neutrones la gravedad ha logrado vencer a la fuerza de repulsión electrostática formando una amalgama de neutrones cuya densidad no baja de 10^{14} g/cm³. Así visto, el Universo es un lugar inhóspito lleno de desigualdades. Y sin embargo, éste es nuestro Cosmos, el tejido espacio-temporal de lo que conocemos, la frontera de todo lo que podemos observar, incluyendo este agradable sol primaveral y el verde paisaje que me acompañan mientras escribo este artículo.

Pero, ¿cómo poner en un mismo esquema evolutivo ese frío y vacío Universo con nuestro entorno cotidiano? ¿Cómo pasamos de un Cosmos con el 99% de su masa visible distribuida en átomos de hidrógeno y helio a la complicada química que conforma la base de nuestra diversidad? ¿Qué proceso o procesos físicos organizan este caos?

Si excluimos la Cosmología, si dejamos aparte la propia formación del Universo, el resto no es más que generación y muerte de estrellas a diferentes escalas espaciales, la creación, evolución y destrucción de distintos sistemas estelares. Entre la casi continua jerarquía de tamaños y masas de los sistemas estelares destacan por sus características singulares los cúmulos estelares. Todo el que haya mirado el cielo con cierto interés y curiosidad conoce la existencia de estas agrupaciones. Las Pléyades, las Siete Cabrillas, ya fueron plasmadas en las paredes de sus refugios por nuestros antepasados. Observadores trogloditas ya se sintieron conmovidos y maravillados por esos grupos de estrellas que destacaban sobre un fondo estelar más uniforme. Pero si su detección, incluso a simple vista, parece evidente no lo es tanto su descripción científica, sus propiedades físicas, origen y evolución.

La ventana del infrarrojo abrió nuevas perspectivas para el estudio de estos sistemas estelares, ahora podíamos observarlos en su cuna, rodeados de la materia gaseosa de la que se habían formado, podíamos desvelar lo que antes nos estaba vedado, estábamos

observando las primeras etapas en la formación de un cúmulo estelar. El análisis sistemático de estos

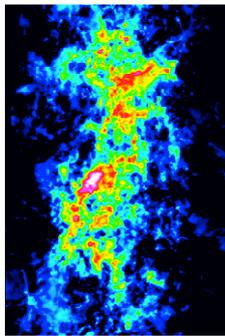
objetos jóvenes llevó a una importante conclusión: el 90% de las estrellas han nacido en cúmulos estelares (aunque éste número puede oscilar entre 60% y 90%, dependiendo de la definición de cúmulo que utilicemos para su detección). Cualquier estrella que observemos en el cielo, por muy aislada que nos parezca, tiene una probabilidad del 90% de haber nacido en un agrupamiento estelar que posteriormente se disolvió, dispersando a sus miembros en el disco Galáctico. Pero más importante aún fue la distribución espacial de las estrellas de estos cúmulos desvelada por estos estudios. La mayoría de los agrupamientos estelares estaban altamente estructurados, no observamos un único pico de concentración estelar con una distribución en densidad cayendo a distancias más alejadas del centro, sino que se mostraba una agrupación de agrupamientos interconectados por un tejido estelar más fino; estábamos observando la distribución de las estrellas recién nacidas y encontramos una gran similitud con la propia estructura en densidad de las nubes moleculares de las que habían nacido. El propio concepto de cúmulo parecía estar en cuestión, la existencia de una escala espacial privilegiada para la formación estelar parecía más el sesgo introducido por nuestras observaciones en el rango visible y por la rápida evolución dinámica de estos objetos, que una característica fundamental asociada a la propia naturaleza de estos objetos. Los cúmulos parecían ser los picos de densidad en regiones de formación estelar que mimetizan la estructura interna de las nubes moleculares de las que han nacido. Este simple cambio de punto de vista ha abierto un camino muy prometedor para el estudio de la formación estelar a partir del análisis sistemático de las diferentes fases en que podemos clasificar el camino que va de una nube molecular a la formación de agrupamientos estelares en el disco, observables en el rango visible (ver figura 1, página siguiente).

Se ha puesto en marcha un programa científico con el objetivo fundamental de establecer ligaduras observacionales al complejo conjunto de procesos físicos que se resumen en lo que llamamos formación estelar. Tres son los pilares básicos de este programa: a) observación de las diferentes fases en todo el rango de longitudes de onda; b) determinación de los probables miembros del cúmulo y su estructura en el espacio fase y, c) comparación con modelos dinámicos en las primeras fases de su evolución. La misión espacial

Gaia proveerá datos cinemáticos para una gran muestra de cúmulos estelares (~1000) y otros proyectos asociados a esta misión como "Gaia-Eso Survey" (GES) están obteniendo velocidades radiales y metalicidades para una muestra de 100 cúmulos estelares en el hemisferio sur. El grupo de "Sistemas Estelares" del Instituto de Astrofísica de Andalucía comparte estos objetivos científicos y participa en diferentes

proyectos diseñados para dar respuesta a estas preguntas. Os contaremos los avances. 

Emilio J. Alfaro Navarro es Jefe del Departamento de Radioastronomía y Estructura Galáctica del Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA) y coordinador de Comisión de Enseñanza de la Sociedad Española de Astronomía (SEA). Se ha especializado en el estudio de los procesos de formación estelar y es un apasionado de la divulgación científica.

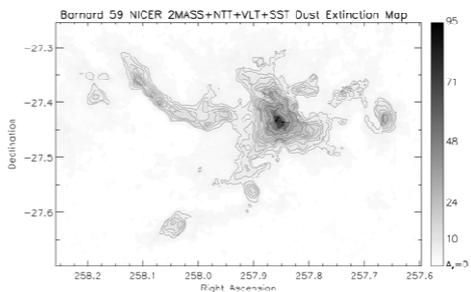


Nubes moleculares

Cúmulos

- Distribución Radial
- Estructura Fractal
- Restos de Cúmulos dispersos

Núcleos Proto-Estelares



Cúmulos Embebidos

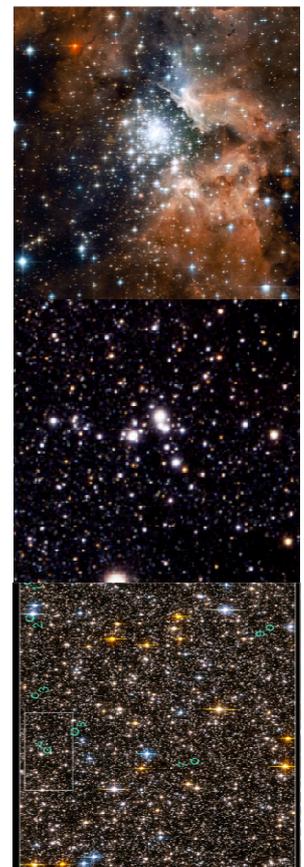
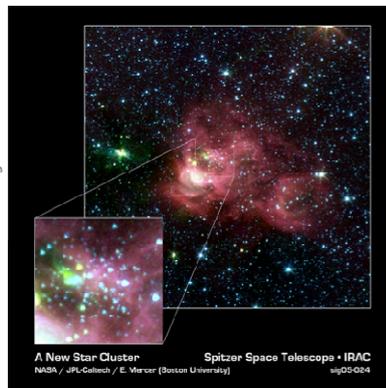


Figura 1. Esquema de las diferentes fases del proceso de formación de un cúmulo estelar. La nube molecular es el material fértil a partir del cual se forman las estrellas, su densidad mostrada aquí por la emisión en radio tiene una estructura muy inhomogénea que puede caracterizarse por una dimensión fractal. Los núcleos proto-estelares representan las regiones más densas, las semillas de las futuras estrellas y cúmulos, no todos ellos acabarán colapsando. En las primeras etapas de la formación estelar, las estrellas están embebidas todavía en el material del que se han formado y no son visibles en el rango óptico del espectro, las observaciones infrarrojas nos permiten adentrarnos en su interior y ver la riqueza de objetos que el polvo y el gas nos tenían velados. Finalmente, los vientos estelares generados por las estrellas del cúmulo limpian el gas residual y la dinámica conjunta del gas y las estrellas marcarán su destino y su tiempo de vida, hasta que se disuelva completamente incrementando la población de campo del disco Galáctico.