

IV Encuentro Internacional Pro-Am sobre estrellas binarias y múltiples

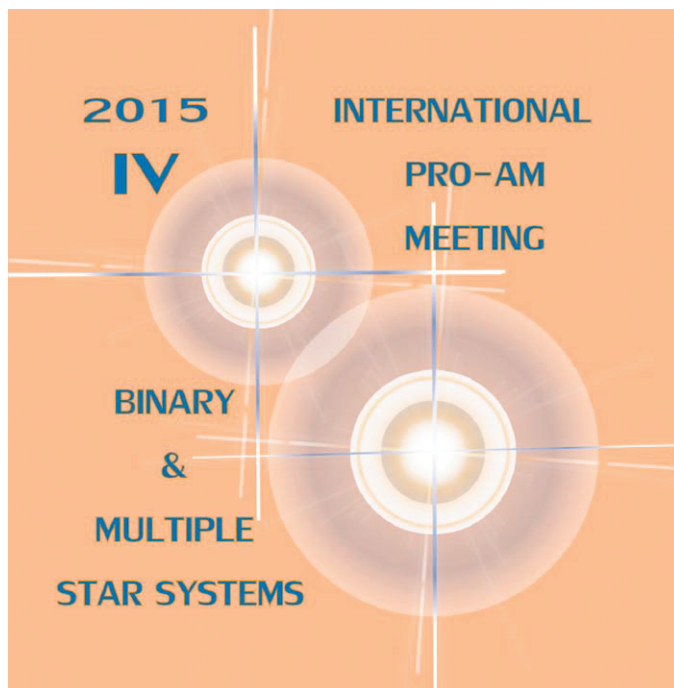
CARLES SCHNABEL

Promovido por el equipo del Observatori del Garraf: Tòfol Tobal, Xavier Miret y José Ignacio Novalbos, se celebró los días 18, 19 y 20 de septiembre en la localidad costera catalana de Vilanova i La Geltrú (Barcelona) la cuarta edición del encuentro internacional dedicado al intercambio de proyectos, investigaciones, experiencias y resultados sobre sistemas estelares. El primero de estos encuentros se celebró hace 15 años en Castelldefels, el segundo en 2010 en la sede de la Agrupación Astronómica de Sabadell y el tercero en 2012, en Rodez (Francia).

Fueron tres días muy intensos, con 30 comunicaciones y varios posters. Tampoco faltaron sesiones de planetario con sesiones especialmente dedicadas a las estrellas dobles y una visita al Observatori del Garraf. Las sesiones se desarrollaron en el edificio Neàpolis, cedido por el ayuntamiento de Vilanova i La Geltrú y en el Campus Universitari del Mediterrani. Precisamente en el acto de apertura del encuentro, Tobal agradeció en persona a Neus Lloveras, alcaldesa, y a Félix Ruiz, director del Campus la cesión del magnífico espacio.

Sin perder tiempo, porque la densidad del programa así lo demandaba, empezaron las sesiones de trabajo la misma tarde del viernes, que abrió con una bienvenida a Josefina F. Ling, presidenta del *meeting*. Ling es profesora e investigadora en el Departamento de Astronomía y Astrofísica de la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Santiago de Compostela y, entre otros cargos, es miembro de la comisión CG1 de estrellas múltiples y binarias de la Unión Astronómica Internacional (UAI). De hecho, Ling es la continuadora de la tradición doblista del Observatorio Ramón María Aller de Santiago.

La misma ponente explicó a continuación cómo se organiza actualmente el estudio de las estrellas binarias en el seno de la UAI. En la XXIX Asamblea General del organismo celebrada en Hawai en agosto de 2015 se fusionaron las dos anteriores comisiones, la 26 «Estrellas dobles y múltiples» y la 42 «Estrellas binarias cerradas» en una única, la G.C1



(es decir, Comisión número 1 de la División G), llamada «Sistemas de estrellas binarias y múltiples».

A continuación intervino Edgard Soulié, quien en nombre suyo y también en el de Pierre Durand, responsables ambos de la Comisión de Estrellas Dobles de la Société Astronomique de France (SAF), rememoró dos prominentes observadores de estrellas dobles: Paul Coteau (1923-2014) y Jean Dommanget (1924-2014).

Paul Couteau fue un apasionado de la astronomía desde la adolescencia. Preparó su tesis de doctorado sobre enanas blancas bajo la dirección de Evry Schatzman. En 1951 se empleó como asistente en el Observatorio de Niza, donde Robert Jonckheere lo formó en la práctica de la observación visual de estrellas dobles (ED). Desde este momento empezó a acumular mediciones. En 1961 pasó seis meses en el Observatorio de Yerkes junto con George Van Biesbroeck. De 1963 a 1969, Paul Couteau dirigió la restauración del gran telescopio del Observatorio de Niza, presidió la Comisión de Estrellas Dobles de la UAI, y en 1969 organizó una conferencia internacional sobre estrellas dobles. Es el octavo observador

de estrellas dobles más prolífico de la historia por el número de medidas y de descubrimientos. Publicó cinco libros, uno de ellos, titulado «La observación de las estrellas dobles visuales» (1978), estimula el interés de los aficionados por las estrellas dobles. Otro volumen «Esos astrónomos locos por el cielo o la historia de la observación de las estrellas dobles» (1988), traducido al español, se obsequió a los asistentes en el presente encuentro.

Jean Dommanget empezó en 1947 su trabajo como ayudante temporal en la sección de estrellas dobles del Observatorio Real de Bélgica liderada por Sylvain Arend. Mientras, continuaba sus estudios hasta que en 1961 obtuvo el grado de doctorado en ciencias y se convirtió en un miembro de la Comisión 26 de estrellas dobles de la UAI. Trabajó en diversas áreas: astrometría y dinámica de estrellas dobles visuales, la turbulencia atmosférica, los asteroides, las ocultaciones estelares y el perfil lunar, los eclipses solares y lunares, las propiedades orbitales y la evolución de las estrellas binarias. De 1955 a 1957, realizó una campaña de prospección en Sudáfrica en busca de un lugar adecuado para la construcción de un observatorio europeo en el hemisferio austral. Más tarde dirigió el Observatorio Boyden en Bloemfontein. De 1967 a 1973 fue vicepresidente de la Comisión 26 de la UAI. En 1981, se incorporó al consorcio para la elaboración del catálogo astrométrico de la misión Hipparcos donde dirigió el subgrupo «Estrellas dobles». Con la ayuda de Omer Nys publicó en 1994 el «Catálogo de componentes de estrellas dobles y múltiples» (CCDM). Miembro de la Société Astronomique de France desde 1954, se convirtió en asesor científico de la Comisión de Estrellas Dobles a mediados de los años 80.

Bob Argyle, del Instituto de Astronomía de la Universidad de Cambridge, Reino Unido, habló sobre la historia de un telescopio dedicado a las estrellas dobles. El instrumento, un refractor de 20 cm de apertura, fue un encargo que W.R. Dawes hizo a Thomas Cooke & Sons. Se puso en servicio en 1864 y más de 150 años después todavía está en uso. Después de una azarosa historia y muchos viajes, el telescopio terminó en su ubicación actual de Cambridge. Argyle explicó con detalle el trabajo de medición visual de estrellas dobles que él mismo lleva desarrollando desde hace 25 años.

Daniel Bonneau, astrónomo honorífico del Observatorio de la Côte d'Azur (OCA), Francia, realizó una

compilación histórica sobre los 95 años de observaciones interferométricas de estrellas dobles.

Durante el siglo XX, la observación de estrellas dobles se convirtió en un objetivo primordial de la interferometría óptica. El uso de micrómetros de interferencia, la invención de la interferometría speckle y el desarrollo de interferómetros estelares según los principios de Fizeau y Michelson, eliminaron la distinción entre binarias visuales, binarias espectroscópicas y binarias fotométricas. Actualmente se ha alcanzado un nuevo hito gracias a las primeras redes de telescopios ópticos que trabajan en síntesis de apertura, con lo cual se obtienen imágenes que revelan la morfología de las binarias cerradas.

Las sesiones del sábado empezaron puntualmente con la comunicación de Rafael Benavides, de la Asociación Astronómica De Córdoba y Edgardo Rubén Masa, de la Sociedad Astronómica Syrma de Valladolid. Presentaron la revista «El observador de estrellas dobles», una experiencia PRO-AM.

Se trata de una excelente revista electrónica en lengua española sobre estrellas dobles. Se publica dos veces al año. OED nació en 2009 y durante este tiempo se ha convertido en una revista de fama que se distingue por un marcado carácter Pro-Am. Casi 6.000 medidas de estrellas dobles y más de 700 nuevos pares se han añadido a la WDS desde la revista.

Oleg Malkov, del Instituto de Astronomía de la Academia Rusa de Ciencias, presentó la base de datos de estrellas binarias BDB. Es una versión plenamente operativa de la principal base mundial de datos sobre sistemas binarios y múltiples de todo tipo, BDB. Está disponible en <http://bdb.inasan.ru> y ha sido creada como una fuente en la cual se recopila información completa sobre estrellas binarias de todo tipo. Sintetiza datos procedentes de gran variedad de catálogos y bases de datos sobre sistemas visuales, orbitales, astrométricos, eclipsantes, espectroscópicos, fotométricos, etc. El BDB extrae los datos procedentes de la totalidad de los catálogos, que suman unos 50.000 sistemas, con una multiplicidad comprendida entre 2 y 22. Los datos que se facilitan son los posicionales, fotométricos, espectroscópicos, orbitales, así como los astrofísicos en el caso de estar disponibles. La información se organiza según un cuidadoso proceso de identificaciones cruzadas. Esto permite la exploración de los datos según ciertos conjuntos de parámetros.

A continuación el mismo ponente trató sobre los



IV International Pro-Am Meeting Binary & Multiple Stars. Foto de grupo en la sala de conferencias del edificio Neàpolis (Vilanova / La Geltrú).

catálogos principales de las binarias visuales y orbitales, y los efectos de selección y distribución de sus parámetros.

Sobre las bases de datos OARMAC y ORB6 se ha compilado la lista más completa de sistemas binarios visuales con elementos orbitales conocidos. Contiene 3.139 órbitas para 2.278 pares. De ella se ha extraído un subconjunto con las órbitas de más alta calidad. Se establecen relaciones y distribuciones sobre diferentes parámetros observables y se hace un análisis de los efectos de selección. Las masas dinámicas, fotométricas y espectrales de los sistemas son estimadas.

De Italia vino Gianluca Sordiglioni para presentar un nuevo buscador en la red: Stelle Doppie, que funciona sobre el catálogo de Washington, WDS.

La búsqueda de información sobre estrellas dobles puede ser muy difícil para los astrónomos aficionados. El WDS asigna un número de catálogo propio y la búsqueda de referencias cruzadas con otros catálogos existentes puede convertirse en una labor muy tediosa. Stelle Doppie aborda estos problemas proporcionando una interfaz clara para encontrar y presentar los datos de las dobles.

Joan Genebriera, antiguo miembro directivo de nuestra Agrupación y ahora residente en la isla de La Palma, mostró sus trabajos de espectroscopia desarrollados en su observatorio de Tacande. Concretamente, presentó sus experiencias sobre el uso de un espectrógrafo construido con materiales de bajo coste para la detección y la medida de sistemas binarios cerrados. Mostró espectros ópticos de baja resolución ($R = 5000$) de las estrellas $\mu 1$ Scorpii y σ Aquilae, obtenidos mediante un telescopio de 40 cm

a lo largo de varias noches en Tacande. A pesar de que los espectros muestran signos de duplicidad, el autor considera que la estabilidad y la reproducibilidad de las mediciones deben ser aumentadas con una mejora en el sistema de calibrado.

Rafael Hernández, de la Universidad Politécnica de Madrid y de la Agrupación Astronómica de Madrid explicó el método de Vidal-Abascal/Kinkerflues para determinar la órbita de un sistema binario a partir de arcos cortos. Este método de cálculo de la órbita de estrellas binarias se basa principalmente en las mediciones de ángulos de posición. De hecho, evitar en lo posible el uso de los datos de separación presenta ventajas, reduce errores y permite el cálculo de los periodos de revolución largos. El método de Klinkerflues se basa en algunas nociones geométricas que teóricamente permiten el cálculo de una órbita a partir de datos observacionales procedentes de arcos cortos. Se puede, por tanto, aplicar a sistemas de periodo más largo o a sistemas observados durante un tiempo relativamente corto. La variación introducida por Vidal Abascal presenta algunas ventajas sobre el original. En primer lugar algunas mejoras computacionales, quizá ya no significativas en la era del cálculo electrónico. En segundo lugar, y más importante aún, cierta insensibilidad de la computación con respecto a los errores o incertidumbres en los valores de los elementos orbitales como son la inclinación orbital, el semieje mayor, el ángulo de posición del nodo ascendente y el argumento del periastro. Finalmente, se muestran los avances en la elaboración de una aplicación de software para el uso sencillo de estos métodos.

Núria Miret, en representación del Observatori

Astronòmic del Garraf y estudiante de ciencias físicas en la Universidad de Barcelona, presentó un trabajo muy interesante sobre el cálculo de órbitas de estrellas dobles visuales con GEOGEBRA, una maravillosa herramienta matemática en la red muy bien conocida por los estudiantes.

A partir del método de Abascal se puede deducir un método gráfico de cálculo de órbitas mediante esta aplicación informática. Los resultados obtenidos, y contrastados con los de pares bien caracterizados, permiten considerar este método para estudiar sistemas físicos de los cuales no se disponga todavía de una órbita preliminar.

El Observatorio Astronómico de Pulkovo, cerca de San Petersburgo, Rusia, es un lugar mítico para cualquier doblista, ya que fue su primer director Friedrich Georg Wilhelm von Struve, quien marcó un antes y un después en la observación de las estrellas dobles. De Pulkovo vino Olga Kiyaveva, de la Universidad Estatal de San Petersburgo y de la Universidad Federal de Kazan, para hablar de las investigaciones sobre parámetros dinámicos y astrométricos de estrellas binarias que se realizan con el refractor automatizado de 26 pulgadas de Pulkovo.

El refractor de 26 pulgadas de Pulkovo funciona de manera automática, sin observador. Actualmente se dispone de cerca de 18.000 imágenes CCD y 13.000 fotografías de estrellas dobles y múltiples de elevada separación. Para digitalizar las placas fotográficas se utiliza un dispositivo MDD adquirido recientemente. Se utiliza el método AMP para determinar las órbitas de las estrellas que se mueven lentamente (de periodos comprendidos entre 300 y 10.000 años) sobre la base de un arco corto de observaciones uniformes. El principal condicionante de estas investigaciones es la alta precisión en la determinación de las posiciones relativas y en los movimientos y velocidades radiales relativas.

De más cerca vino Josep Maria Carrasco, del Instituto de Ciencias del Cosmos (ICCUB) de la Universidad de Barcelona. Habló de un tema de gran actualidad: de los sistemas múltiples detectados con la misión GAIA.

La misión GAIA de la ESA (lanzada en 2013) está obteniendo posiciones, paralajes, movimientos propios, velocidades radiales y parámetros astrofísicos de cerca de mil millones de objetos. Entre estos habrá numerosos sistemas múltiples. El alto nivel de precisión de las observaciones de GAIA permitirá detectar un gran número de sistemas binarios

hasta ahora no resueltos, trazar sus órbitas en el espacio y mejorar nuestro conocimiento sobre la proporción de estrellas binarias en nuestra Vía Láctea. GAIA también elaborará curvas fotométricas de alta precisión a lo largo de cinco años, lo que permitirá descubrir y estudiar muchos sistemas binarios eclipsantes así como sus periodos, amén de otras características físicas.

Los organizadores del *meeting*, Tòfol Tobal, Xavier Miret e Ignacio Novalbos, presentaron la formidable campaña que han dirigido de búsqueda de pares muy separados (2008-2015) y el Catálogo GWP de más de 3.000 sistemas.

El trabajo, conocido en inglés como Common Proper Motion Wide Pairs Survey (CPMWPS) es un proyecto Pro-Am desarrollado y coordinado por el Observatori Astronòmic del Garraf con el apoyo del equipo profesional formado por David Valls, José Antonio Caballero y Enrique Solano, entre otros. Se ha desarrollado entre los años 2008 y 2015 con el objetivo de encontrar pares con movimientos propios comunes no catalogados anteriormente. Dichos pares, aunque separados en el cielo por varios minutos de arco, pueden formar sistemas físicos. Haciendo uso de las herramientas del Observatorio Virtual se ha completado una exploración sistemática de la zona ecuatorial (de 00h 00m 00s a 23h 59m 59s en ascensión recta y de +20° 00' 00" a -20° 00' 00" en declinación). Por otra parte, se ha tomado como parámetro fundamental un movimiento propio común superior a 50 milisegundos de arco por año, sin límite de magnitud. Esto ha llevado a la compilación de un catálogo con más de 3.000 nuevos pares, cuyas características influirán sin duda sobre nuevos proyectos profesionales.

Rainer Anton, un gran observador no profesional procedente de Alemania, habló sobre la precisión en las mediciones de estrellas dobles a partir de la técnica de Lucky Imaging. Trató sobre la precisión y la exactitud en la medición de las estrellas dobles a partir de imágenes telescópicas obtenidas mediante esta técnica que consiste en aprovechar los mejores fotogramas de una secuencia de vídeo. Comentó que hay que tener en cuenta básicamente tres fuentes de error: el poder de resolución del telescopio y la cámara, el *seeing*, y la escala de la imagen.

Karl Ludwig Bath asistió como representante del Observatorio Amateur Internacional, una iniciativa alemana en Namibia. Su intervención versó sobre el método *speckle masking* como reconstrucción de la

imagen de estrellas binarias cerradas.

Existen actualmente dos métodos para alcanzar la resolución límite del telescopio. El más moderno es de la óptica adaptativa, pero es inaccesible para los aficionados. El método más antiguo consiste en la reconstrucción del disco de Airy mediante la integración de los datos en el PC. Es la Interferometría speckle, que se basa en el proceso de autocorrelación de las imágenes distorsionadas por la turbulencia atmosférica y que proporciona el ángulo de posición y la distancia de una estrella binaria.

Gregory Jones de ALT-AZ initiative, EE.UU, presentó un trabajo sobre la caracterización de cámaras NO EMCCD y la optimización de los tratamientos en las técnicas de Interferometría speckle y lucky imaging aplicadas a las estrellas dobles.

Las cámaras EMCCDs se han convertido en las preferidas tanto para la Interferometría Speckle como para Lucky Imaging, pero su alto costo las hace inalcanzables para muchas instituciones pequeñas o para aficionados. Jones mostró como el advenimiento de las modernas cámaras industriales y planetarias han posibilitado alternativas viables para todo tipo de presupuestos.

Russell M. Genet, auténtico gurú mundial de las binarias, procedente de la Universidad Politécnica del Estado de California, EE.UU, pasó revista a la técnica de interferometría speckle para resolver y medir binarias cerradas.

Empezó refiriéndose a las observaciones de interferometría Speckle de estrellas binarias cerradas realizadas por el grupo de astrónomos, aficionados, estudiantes y profesionales con el que ha estado trabajando, principalmente en el oeste de Estados Unidos y Hawai. Si bien muchas de las observaciones han sido realizadas mediante telescopios pequeños, de 10 a 50 centímetros, también se disfrutó de dos periodos de observación de una semana cada una con un telescopio de 2,1 metros en el Observatorio Nacional de Kitt Peak. Desarrollaron un software de reducción fácil de usar que incorpora el uso de estrellas individuales para realizar la deconvolución, filtros ajustables, pre-procesamiento automático de los datos y un funcionamiento semiautomático. Las observaciones de interferometría speckle fueron reducidas y analizadas tanto por estudiantes de escuela superior, como de licenciaturas. De hecho, existen varios programas de desarrollo de exploración en curso. Ha sido muy importante el desarrollo de máscaras de abertura para difractar la luz brillan-

te de la estrella primaria en direcciones preferentes y así proporcionar zonas de descubrimiento de estrellas secundarias débiles. Para obtener las imágenes se utilizan intensificadores con las cámaras CCD y CMOS de bajo coste como una alternativa económica a las cámaras EMCCD. Todavía a nivel muy experimental se ha puesto a prueba un sistema de muy bajo costo consistente en la colocación de espejos desplazados en una fracción de longitud de onda en telescopios de abertura pequeña para obtener interferometría speckle. Las pruebas en el laboratorio se han realizado mediante tres espejos esféricos de 25 centímetros de diámetro con longitudes focales coincidentes determinadas al milímetro. De todas formas, no se descartan telescopios de bajo costo de 2 a 4 metros de abertura.

Ekaterina Avvakumova, de la Universidad Estatal de los Urales, Rusia, presentó una nueva versión del catálogo de estrellas variables eclipsantes CEV. Contiene parámetros y tipos morfológicos de curvas de luz de unas 7.200 estrellas. También se da la clasificación espectral y la información recientemente publicada sobre el tipo evolutivo de unos 1.300 sistemas. Representa la mayor lista de binarias eclipsantes clasificadas a partir de observaciones. En la charla se discutieron varios problemas con los datos y algunas binarias eclipsantes interesantes que se encontraron durante el trabajo de compilación.

La misma oradora habló seguidamente sobre la investigación de varias binarias eclipsantes. Y es que durante los trabajos en el catálogo de variables eclipsantes se compiló una lista extensa de entradas en las que faltaban parámetros observables o que se mostraban de tipo evolutivo dudoso. Finalmente presentó los primeros resultados de la campaña de observación de algunas estrellas del hemisferio norte.

Jakub Jurysek, del Instituto de Física de la Academia Checa de Ciencias, Universidad de Carlos, habló sobre el telescopio FRAM y la fotometría de binarias eclipsantes.

El telescopio FRAM (F/(Ph)otometric Robotic Atmospheric Monitor) es una parte del Observatorio Pierre Auger (PAO), ubicado cerca de la ciudad de Malargüe, en Argentina. La tarea principal del telescopio FRAM es la monitorización nocturna continua de la extinción atmosférica y su dependencia de la longitud de onda. La metodología usada en la medición de la extinción atmosférica permite al mismo tiempo la observación de otros objetos as-

trónomicos interesantes. Las observaciones actuales del telescopio FRAM se centran principalmente en la fotometría de binarias eclipsantes. El ponente introdujo brevemente el programa de observación astronómica actual que incluye la fotometría de algunos sistemas triples con compañera visual lejana y presentó algunos resultados preliminares.

Huib Henrichs y Marcella Wijngaarden, del Instituto de Astronomía Anton Pannekoek, Universidad de Amsterdam, disertaron sobre un curioso caso: ¿por qué no se vio el reciente eclipse de la binaria visual α Com?

La inclinación orbital del sistema doble visual (F5V + F6V) α Com (con un periodo orbital de unos 26 años) está muy cerca de los 90 grados, lo que da una alta probabilidad de eclipse. Existen observaciones desde 1827, pero el eclipse no se ha observado nunca. Se previó que el último eclipse se podría haber producido dentro de un periodo de dos semanas alrededor del 25 de enero de 2015 (Muterspaugh & Henry, 2014), predicción referida como MH14. En diciembre de 2014 se recalculó la fecha predicha del eclipse. Para el caso especial de una órbita inclinada 90 grados, se utilizó el método de Thiele-Innes para determinar cinco de los siete elementos orbitales comunes (Ω e i no son relevantes), lo que permite predecir la época del eclipse más cercano. Utilizando el mismo conjunto de datos con los mismos pesos tal como fueron usados en MH14, se encontraron valores significativamente diferentes para a , Ω , e , P , y T_0 , resultando una fecha dos meses anterior a la deducida en MH14, y con una incertidumbre 1σ de dos semanas. Utilizando el conjunto de datos, se concluyó que el eclipse se había producido antes del día indicado en MH14. Se analizó el origen de la discordancia entre la predicción de los autores y la de MH14s, y se vio que se podía atribuir a unos pocos puntos de datos erróneos en MH14, a los que el método propuesto por los oradores no es sensible. Para la próxima oportunidad habrá que esperar hasta el año 2040.

Laurent Corp, miembro de la Comisión de Estrellas Dobles de la Société Astronomique de France, Francia, planteó la pregunta: ¿por qué los aficionados deben observar binarias eclipsantes?

A pesar de los datos que recopila el satélite GAIA, actualmente continúa siendo importante observar binarias eclipsantes. Describió los diferentes tipos y el arte de predecir los mínimos, así como la necesidad de obtener las curvas completas de luz.

La mañana del domingo comenzó con Carles Schnabel, de la Agrupación Astronómica de Sabadell, quien desarrolló el tema «Las ocultaciones como una herramienta para detectar sistemas binarios».

Las ocultaciones lunares y asteroidales permiten el descubrimiento, la confirmación o la parametrización de sistemas estelares dobles o múltiples. Con el programa Occult de Dave Herald, se calculan las predicciones de ocultaciones de estrellas ya catalogadas como dobles, y mediante la aplicación Occult Watcher de Hristo Pavlov, se coordinan las campañas de observación.

Pero también hay numerosos casos en los que gracias a las ocultaciones, se descubren nuevas estrellas dobles con distancias en el rango de las centésimas de segundo arco. El mismo Occult, por un lado, y Tangra de Hristo Pavlov, facilitan el análisis de los registros y la determinación de los parámetros de posición de un sistema doble.

La comunicación de Miriam Cortés, de la Universidad Complutense de Madrid versó sobre la multiplicidad de las enanas M en la muestra de la exploración para planetas extrasolares CARMENES.

Con la ayuda del programa de investigación CARMENCITA, el archivo de datos sobre enanas frías incluido en CARMENES (acrónimo de *Calar Alto high-Resolution search for M dwarfs with Exoearths with Near-infrared and optimal Échelle Spectrographs*), se investiga la multiplicidad de enanas M en la vecindad solar observable para preparar y caracterizar la muestra final de estrellas. El estudio de multiplicidad cubre una amplia gama en las separaciones físicas proyectadas, desde 0,5 a 50.000 UA. El rango inferior está cubierto mediante un sondeo realizado en FastCam con el Telescopio Carlos Sánchez de 1,5 m del Observatorio del Teide (resolución de 42,3 mas/pix), y con la técnica de lucky imaging sobre 385 enanas M, complementado con una búsqueda en la bibliografía. El rango superior está cubierto mediante un análisis detallado del WDS y mediante imágenes ópticas tomadas por nosotros con TCP y CAMELOT en el telescopio IAC80 de 0,8 m, también del Observatorio del Teide, y un estudio astrométrico de todo el cielo a partir de imágenes públicas y de catálogos.

David Montes, de la Universidad Complutense de Madrid, centró su intervención sobre un tema más astrofísico. Resumió un proyecto en curso destinado a calibrar la metalicidad de enanas M.

Para ello se ha seleccionado una amplia muestra

de binarias físicas compuestas por una F, G o una enana K como primaria y una enana M como secundaria. De hecho, se están analizando espectros de alta resolución de las componentes primarias para determinar, de una manera uniforme, los parámetros atmosféricos precisos, la metalicidad y la abundancia de elementos diferentes. Espectros de baja resolución de los componentes secundarios permiten determinar las clases y los índices espectrales dependientes de la metalicidad. Utilizando toda esta información, se mejoran las calibraciones espectroscópicas y fotométricas actuales de la metalicidad de las enanas M, aparte de probar algunas nuevas. Las calibraciones resultantes son de gran utilidad en la caracterización de la muestra de entrada de los programas de búsqueda de exoplanetas alrededor de enanas M como CARMENES.

Seguidamente intervino Javier Alonso, de la Universidad de Alicante, pero también un activo socio de la Agrupación. Habló sobre la binariedad en estrellas masivas: LS III +46 11”.

Las estrellas masivas (estrellas con masa de por lo menos más de 8 veces la de nuestro Sol) terminan sus vidas en explosiones luminosas como supernovas de colapso de núcleo o de erupciones de rayos γ . La mayor parte de estas estrellas masivas nacen en sistemas múltiples y una gran parte de ellas forman sistemas cerrados, por lo que solo se pueden detectar mediante el estudio de sus espectros. De esta manera se ha descubierto recientemente una de las binarias más masivas conocida hasta la fecha: LS III 46 11”.

Después intervino de nuevo Olga Kiyeva, del Observatorio Astronómico de Pulkovo, para dar cuenta de una investigación sobre estrellas múltiples.

Se investigó el estado dinámico de 13 sistemas visuales triples con movimientos propios comunes y se estimaron las probabilidades de relación gravitacional de los sistemas y subsistemas binarios. Se consideraron los movimientos en el plano del cielo, y los mismos valores de paralajes para todos los componentes del sistema y velocidades radiales relativas cero. De esta manera, se han deducido valores máximos de relación energética $\kappa = IU/TV$ (potencial a cinética). En el caso de encontrarse una relación κ mayor que 1, las velocidades radiales deben ser tenidas en cuenta.

Natalia Shakhto, otra astrónoma procedente de Pulkovo, habló sobre estrellas incluidas en el programa de observaciones de Pulkovo candidatas a

tener exoplanetas.

Durante muchos años, el programa de Pulkovo se dedicó a las observaciones y al estudio de las estrellas individuales y binarias cercanas al Sol para determinar los parámetros de sus movimientos orbitales y sus masas, así como para buscar componentes invisibles. Han tenido en cuenta las posibles influencias provocadas por planetas de masas diversas, los cuales podrían ser detectados con técnicas más avanzadas en el próximo futuro. También se calcularon los límites de posibles zonas habitables para algunas estrellas (HZ) con el uso de los nuevos datos sobre las estrellas y con los modelos de Kasting 1993, Selsis et al., 2007 y Rushby et al., 2013 para HZ.

Florent LOSSE, uno de los observadores más activos, e integrante de la comisión de Estrellas Dobles de la francesa SAF, mostró las últimas mejoras en la aplicación de creación REDUC, un software de uso general para los observadores de estrellas dobles y que proporciona herramientas fáciles de usar para reducir las imágenes obtenidas mediante todo tipo de cámaras de vídeo y CCD. Presentó un cartel centrándose en las características principales y en las últimas mejoras de la versión 5 en las cuales se incluyen la técnica simplificada de Lucky Imaging y modos de funcionamiento por lotes.

Rosa María Domínguez, del Instituto de Física de Cantabria, OAC, trató sobre la búsqueda de modos p en estrellas binarias.

En este campo se buscan oscilaciones estelares en varios sistemas estelares binarios. La mayoría de ellas fueron halladas por el satélite CoRoT durante los últimos años. La misión CoRoT tenía dos objetivos: buscar planetas extrasolares con periodos orbitales cortos, en particular los de tamaño terrestre grande, y llevar a cabo asterosismología midiendo las oscilaciones de tipo solar en estrellas. Durante los primeros seis años de su misión, CoRoT observó alrededor de 150 estrellas brillantes en el campo sismo y más de 150.000 estrellas en el campo exo. El equipo cántabro lleva analizados 62 sistemas binarios en el campo exo. Para evaluar lo difícil que es detectar la oscilación con la observación terrestre, también se observaron algunos sistemas con diversos telescopios. En Vilanova se presentaron los resultados para el sistema binario X Tri, observado mediante los telescopios IAC80 y MERCATOR.

Joan Genebriera y Joan A. Soldevilla, en estrecha colaboración con Tòfol Tobal, presentaron el

proyecto de recuperación de una gran óptica de fabricación rusa de 20 cm a f/15, un refractor histórico que se reencarnará en un telescopio altacimutal controlado informáticamente. Este proyecto del OAG, en colaboración con la Universidad de Valencia, tiene como objetivo el montaje del doblete acromático de 20 cm de diámetro con una longitud de 3 metros de tubo, que es casi imposible de instalar en un observatorio de pequeñas dimensiones. Joan A. Soldevilla y Joan Genebriera han diseñado una opción que reduce el tubo a 1,20 metros. El telescopio incluirá una cámara CCD y un micrómetro de doble imagen Camichel-Lyot para programas de observación visual de estrellas dobles.

José A. Caballero, del Centro de Astrobiología del CSIC-INTA, presentó la comunicación «Sistemas binarios: desde 0,2 segundos de arco a 2 grados (cinco años después)».

Cinco años atrás, durante el II Encuentro Internacional de observadores de estrellas dobles en Sabadell, Caballero dio una charla con un título muy similar a ésta. Contenía binarias astrométricas de hasta 40 masas solares en cúmulos abiertos jóvenes, parejas de enanas ultra frías separadas por miles de unidades astronómicas en las cercanías del Sol o sistemas estelares múltiples muy frágiles, en el punto de disrupción provocado por el campo gravitacional galáctico. En esta ocasión completó la charla con los últimos ejemplos de sistemas múltiples extremos de todo tipo de separaciones angulares (y físicas), masas y edades.

Terminaban aquí las sesiones de trabajo, pero no el *meeting*. En el acto de clausura, aparte de las palabras de Josefina Ling, Félix Ruiz y Tòfol Tobal, con agradecimientos mutuos por el éxito alcanzado y por el buen funcionamiento de todos los elementos, tanto personales como técnicos, se leyeron dos cartas procedentes de muy significadas personas.

José Luis Comellas, el gran impulsor de la astronomía de las dobles en España, envió una felicitación al equipo organizador. Entre otras cosas, decía: «Para mí fue una delicia poder dedicarme a las estrellas dobles con instrumentos muy modestos y disfrutar de la belleza de miles de parejas a lo largo de 60 años. El mío era un trabajo prehistórico, pero estoy feliz de ver que ha servido de impulso para muchos aficionados, de los cuales vosotros estáis

entre los primeros.»

Brian D. Mason y William I. Hartkopf, del Observatorio Naval de los Estados Unidos (USNO), mantenedores del catálogo de Washington WDS, y presidentes de la antigua comisión 26 de la UAI, escribían entre otras cosas lo siguiente:

«En nuestro trabajo diario de mantenimiento del WDS y de otros catálogos asociados, podemos dar testimonio de las importantes contribuciones hechas por aficionados en el área de las estrellas dobles y múltiples.»

«Cuando, casi por diversión, compilamos el primer catálogo de estrellas dobles, incluimos en él solamente los pares apropiados para nuestra lista de observación destinada al refractor de 26 pulgadas en Washington. Dado que el número de sistemas en movimiento rápido al que podemos acceder es limitado, elaboramos el programa de observación sobre la base de las dobles «olvidadas», es decir, sin confirmar o que no se habían observado en mucho tiempo. A los dos nos sorprendió ver la gran acogida que tuvo esta lista por parte de una extensa comunidad.»

«Al preparar nuestro segundo catálogo en 2006, el formato de la lista se complicó enormemente. Por suerte, los observadores saben ahora cómo buscar los pares y cómo filtrar el WDS por su cuenta.»

«Aparte de la observación de dobles descuidadas, muchos también comenzaron la búsqueda de nuevas parejas. Al principio aparecían por simple proximidad, pero luego se empezaron a reportar muchos sistemas de movimiento propio común que no son meramente estrellas dobles, sino verdaderas estrellas binarias.»

«Desde el año 2006 se han añadido 30.000 nuevas estrellas dobles al WDS y se ha duplicado prácticamente el número de medidas. Además de nuestros catálogos M y de órbitas visuales, hemos creado un catálogo de elementos lineales que proporciona posiciones para parejas que están cerca pero no físicamente relacionadas. Otras muchas parejas están identificadas como físicas u ópticas por otros medios. Pero incluso contando con éstas, de 133.134 dobles catalogadas en el WDS, 20.759 podemos asegurar que son físicas y 4.791 ópticas. Pero la gran mayoría (107.584) son de naturaleza desconocida. Así pues, ¡hay mucho por hacer!».