

Análisis del sistema múltiple Nu Scorpii desde el CAAT, por José Bosch y Salvador Moros

Los sistemas binarios están formados por dos estrellas que orbitan una respecto de la otra y respecto a su centro de masas común, también llamado baricentro. Se cree que prácticamente la mitad de las estrellas que vemos en la noche estrellada lo forman sistemas binarios. Cuando el sistema lo forman más de dos estrellas tenemos un sistema múltiple. Tal es el caso del sistema estelar Nu Scorpii (ν Sco).

Nu Scorpii es un sistema séptuple. El par principal más sencillo y fácilmente separable lo forman el par AB y el CD separados por 41" (segundos de arco). Es una doble cómoda incluso para binoculares, que se puede desdoblar con unos sencillos 10X50. Las otras dos parejas, AB, separada 1.3" y la CD, separada 2.4" están al alcance del telescopio en noches con buen "seeing". El sistema A es a su vez triple, con separaciones del orden milisegundo de arco, solo al alcance de grandes telescopios con grandes aperturas. El sistema D es a su vez doble cuya órbita no ha sido posible aún determinarla, con separaciones angulares inferiores al milisegundo de arco. Nu Scorpii es pues un sistema siempre interesante para echarle un vistazo, es de los más estudiados, y continuamente se están actualizando sus parámetros en las bases de datos de estrellas dobles.

Decidimos hacer un estudio de este peculiar sistema con el Meade LX 200 del CAAT. Este telescopio como sabemos tiene 16 pulgadas de diámetro y focal de 4064 mm, es decir, relación focal f/10, rasgo que lo hace idóneo para separar estrellas dobles relativamente apretadas. Lo relevante es que hemos sido capaces de separar cuatro estrellas del sistema haciendo un análisis de los datos de las imágenes de forma ni habitual, ni estándar. Muchos observadores usan el software Reduc, que permite determinar la separación angular y el ángulo de posición, los dos parámetros básicos que se referencian siempre al analizar sistemas dobles, aparte de sus magnitudes. Medidas más precisas y dilatadas sobre un largo periodo temporal permiten calcular los elementos orbitales de los sistemas. Nuestro grupo no ha usado el software antes citado, hemos hecho un tratamiento analítico del perfil de luminosidad de las estrellas, haciendo ajustes no lineales que nos han permitido hallar los centroides de manera precisa, y con ellos la separación angular y el ángulo de posición. Vamos a comentar cuál es el proceso que hemos seguido.

Toma de imágenes

Las coordenadas de ν Sco son $\alpha=16^{\text{h}} 11^{\text{m}}$ y $\delta = -19^{\circ} 27'$. A simple vista se ve, estando muy cerca de \square Scorpii, formando parte de lo que serían las pinzas de la constelación del escorpión. No es un par muy alto, pero tampoco demasiado bajo. Es bastante visible a lo largo de todo el verano y a horas

más tempranas o tardías en las estaciones inmediatamente anteriores o posteriores. Las imágenes se tomaron la noche del 13 de junio de 2021.

Hemos hecho un apilado de 50 imágenes, calibradas con “bias”, que no es más que el ruido de lectura y “darks”, las denominadas tomas oscuras, pues en oscuridad también se producen cuentas espurias debido al efecto fotoeléctrico propio del chip CCD. Para el estudio de dobles no es crítico hacer tomas planas o “flat” ya que no vamos en principio a analizar fotometría. Se ha usado también una máscara para optimizar el proceso de apilado.

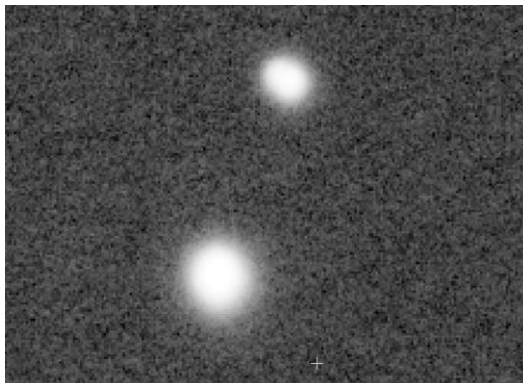


Figura 1. Imagen apilada de 50 tomas del sistema múltiple ν Scorpii.

El par AB, el más brillante, tiene magnitud 4.4 y el CD, el más débil, magnitud 6.6. La Figura 1 muestra el resultado tras apilar las 50 imágenes con Maxim DL. Lo que se muestra es una ampliación de la zona de la imagen.

Con la imagen podemos con Maxim DL obtener el perfil de brillo que mostramos a continuación en la Figura 2. El perfil se ha obtenido con el software de análisis numérico Mathematica, exportando previamente el archivo de Maxim DL a CSV (valores separados por comas).

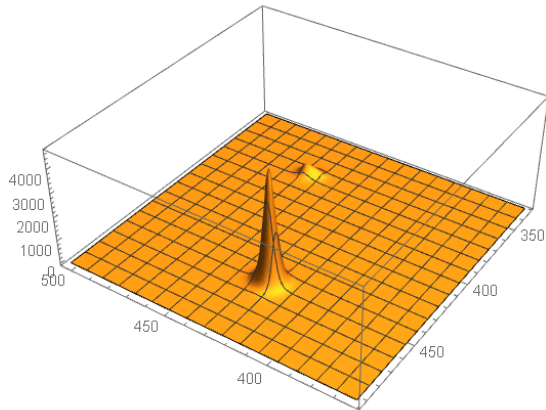


Figura 2. Perfil tridimensional del brillo de ν Scorpii AB y CD

Cada uno de los picos corresponde en realidad al sistema AB y el otro al CD. Hemos hecho un análisis de los picos en este gráfico tomando un perfil de tipo gaussiano, ya que es el que mejor se ajusta al brillo por procesos inhomogéneos propios de la formación de imágenes en CCD. Con el ajuste podemos determinar el centroide de cada uno de los picos, es decir, las coordenadas del píxel al que corresponde la intensidad máxima. En este caso los píxeles resultaron ser los puntos:

$$P1 = (426.788, 450.602)$$

$$P2 = (456.302, 368.407)$$

La distancia en píxeles entre esos dos puntos es sencillamente la distancia entre dos puntos

$$r = ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2)^{1/2} = 87.3328 \quad (1)$$

Para saber a qué distancia angular corresponde en el cielo esos píxeles hemos de saber el tamaño del píxel de la cámara usada, en este caso la SBIG, con píxeles de 9 micras. Teniendo en cuenta el factor de conversión de radianes a segundos de arco, 206.26, y la focal del telescopio, 4064 mm, la separación angular ρ resulta ser:

$$\begin{aligned} \rho &= r * 206.26 * 9 / 4064 & (2) \\ &= 87.33 * 206.26 * 9 / 4064 = 39.89'' \end{aligned}$$

Valor que coincide con el encontrado en la literatura, que es de 41'', si consideramos que tenemos un error de 1'' debido entre otros efectos al seeing atmosférico.

Lo bueno de la metodología que hemos seguido para hallar la separación angular se puede aplicar a su vez para cada uno de los picos por separado y desvelar a su vez que son dobles.

El par AB

Para el par AB, el más brillante, tenemos el perfil gaussiano siguiente, mostrado en la Figura 3:

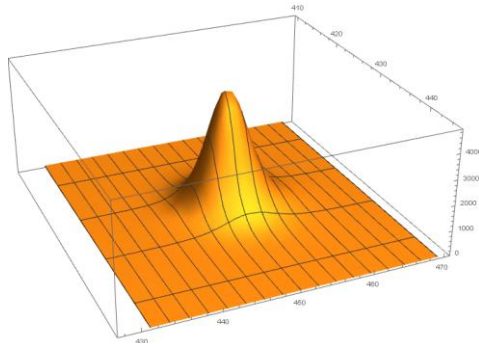


Figura 3. Perfil gaussiano del pico correspondiente al par AB de ν Scorpii

De nuevo podemos aplicar el modelo anterior para este par más cerrado. Se puede desdoblar también en dos gaussianas cuyos centroides son ahora

$$P1AB = (426.922, 449.439)$$

$$P2AB = (426.544, 452.716)$$

Un análisis similar al anterior, hallando la distancia en pixeles entre los puntos y teniendo en cuenta el tamaño de pixel y la focal nos dan ahora, usando las fórmulas (1) y (2), una separación angular para el par AB de

$$\rho_{AB} = 1.51''$$

Valor que está en concordancia con los 1.3'' referenciados en el Washington Double Star Catalog (WDS), Stelle Doppie y otras bases de datos.

El par CD

Tomando ahora el segundo pico correspondiente a la estrella menos brillante la posición de los centroides es ahora

$$P1CD = (457.26, 368.969)$$

$$P2CD = (452.821, 366.271)$$

Aplicando otra vez las fórmulas (1) y (2) para estos nuevos datos del par CD se llega a que la separación angular es

$$\rho_{CD} = 2.37''$$

Valor que una vez más está de acuerdo con los $2.40''$ registrado en las bases de datos del WDS y Stelle Doppie. En la Figura 4 tenemos una posible representación del sistema de las siete estrellas que conforman ν Scorpii. Nosotros hemos sido capaces de determinar tres distancias angulares, las existentes entre A y B, entre C y D y la muy fácil AB y CD.

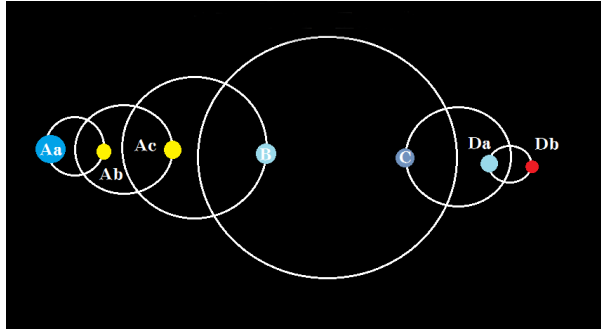


Figura 4. Representación del sistema séptuple ν Scorpii (Wikipedia)

Conclusiones

En nuestro trabajo hemos sido capaces de separar algunas de las componentes del sistema séptuple ν Scorpii. Para ello hemos utilizado el telescopio ubicado en el Centro Astronómico del Alto Turia (CAAT), perteneciente a la Asociación Valenciana de Astronomía (AVA). Este telescopio tiene una apertura de 16 pulgadas (40.64 cm) y una longitud focal de 4064 mm. Hemos hecho uso de una cámara CCD SBIG cuyo pixel es de 9 micras. Se ha procedido a tomar una secuencia de 50 imágenes las cuales han sido apiladas a fin de mejorar el contraste. Estas imágenes han generado un archivo de puntos en formato CSV que ha sido tratado y reducido matemáticamente con un software específico. Se han obtenido valores que están en completo acuerdo con los referenciados en otras fuentes. Con este procedimiento hemos podido constatar dos hechos: primero que el telescopio Meade LX 200 es un gran instrumento para hacer análisis y estudio de dobles, y segundo, el procedimiento de reducción de datos con Mathematica, diferente al habitual que se suele hacer con Reduc, ha resultado ser muy preciso a la hora de obtener separaciones angulares de dobles. En un futuro nos queda hacer un mapeado de estrellas del campo para poder establecer bien la dirección del norte y determinar el ángulo de posición, el otro parámetro necesario para hacer un estudio serio de los sistemas binarios. En la próxima entrega analizaremos el interesante sistema Kruger 60.