

---

# Estrellas Variables

---

Por Enzo M. De Bernardini

[www.astrored.net/astrofiasur](http://www.astrored.net/astrofiasur)

## OBSERVACIÓN

La observación de estrellas variables consiste principalmente en *estimar* el brillo de la estrella, comparándola con otras dos de magnitudes conocidas confiables, no variables y cercanos al brillo de la variable. Una de las *estrellas de comparación* debe ser mas brillante que la variable, mientras que la otra debe ser mas débil. Cuanto mas cercano sea el brillo de las comparaciones al brillo de la variable, mas exacta será la estima.

Para esto se utilizan cartas especialmente confeccionadas, con *magnitudes fotométricas* revisadas de fuentes confiables. En cada carta se ha seleccionado una *secuencia de comparación*, que abarca toda la *amplitud* (extremos de mayor y menor brillo) de la variable. A la hora de observar solo deben usarse estas estrellas y no otras, dado que la secuencia ha sido realizada teniendo en cuenta muchos factores, como la presencia de otras variables, estrellas dobles, índices de color, etc.

En las nuevas cartas aparecen justo al lado de las magnitudes, el *índice de color* (**B-V**, o Azul menos Visual). Esto es de suma importancia y utilidad si se desea alcanzar buenos resultados. El ojo reacciona de diferentes maneras según el color de la estrella y la forma en la que se la observa (visión directa o periférica). Es conveniente usar como estrellas de comparación ejemplares de colores similares a la variable (la variable también suele variar su color). Cuando se confecciona una carta de observación esto se toma en cuenta siempre de ser posible.

En las magnitudes impresas en las cartas se han omitido los puntos decimales para evitar confusiones con estrellas. De esta forma si aparece: 615 (05), se habla de una magnitud visual de 6.15 y un índice de color de 0.5. Nótese que las magnitudes **no** han sido redondeadas al primer decimal. Esto fue realizado de esta manera porque carece de sentido no tener en cuenta los primeros dos decimales, seria una perdida de precisión sin fundamento. Luego, al hacer la estima y reducir los datos, **si** se redondea el valor al primer decimal (exceptuando en las observaciones a simple vista de observadores experimentados, donde se pueden admitir dos decimales).

Existen estrellas variables que se pueden seguir a simple vista, con binoculares o telescopios. La escala de la carta y la magnitud límite de la misma varia según la necesidad. Muchas veces se utilizan combinaciones de cartas para ser utilizadas dependiendo del brillo de la estrella, si la estrella y sus comparaciones son visibles a simple vista, debe usarse la carta apropiada. Si es observable con binoculares, debe utilizarse la carta de binoculares, si es observable con telescopios, debe utilizarse la carta de telescopios. Tampoco es bueno trabajar muy cerca de la magnitud límite del instrumento.

A la hora de observar, deben descartarse las estrellas que se encuentren por debajo de los 30/40 grados de altitud (sobre todo en las estimas realizadas a simple vista), para evitar exceder los límites aceptables de *scatter* (dispersión) a causa de la absorción atmosférica. Una dispersión aceptable en estimas hechas con binoculares o telescopios ronda las 0.10/0.20 magnitudes (1 o 2 décimas). En estimas a simple vista se puede alcanzar, utilizando las técnicas adecuadas y con práctica, un scatter de **0.03** magnitudes!

## Estimas: Método de Argelander

El método de Argelander consiste en separar en un número arbitrario de *pasos* o *grados* (usualmente 10) la diferencia de brillo entre las estrellas de comparación y la variable, comenzando de 0 cuando la estrella presenta exactamente el mismo brillo que la variable. Deben encontrarse dos pasos (uno para cada comparación, respecto de la variable), de manera que ambos tengan coherencia entre si (en otras palabras, deben estar en la "misma escala").

El formato de la observación sin reducir (la forma en que debe anotarse mientras se observa) para el método de Argelander es el siguiente:

**A (a) V (b) B**

Donde:

**A:** es la magnitud de la estrella de comparación mas brillante.

**a:** es el grado asignado a la estrella **A**.

**b:** es el grado asignado a la estrella **B**.

**B:** es la magnitud de la estrella de comparación mas débil.

Como opción a anotar los datos en papel, también pueden grabarse para después transcribirlos y reducirlos. Se recomienda tener un respaldo en papel de los datos, mas allá de ingresarlos a una planilla de calculo o similar.

Luego de realizada la estima y para calcular la magnitud de la variable a partir de los datos registrados, se procede a la reducción de la observación. Para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$M_v = A + [ a / ( a + b ) ] . ( B - A )$$

Los valores de A y B (magnitudes de las comparaciones) se deben obtener de la carta de observación (únicamente, por las razones mencionadas mas arriba).  $M_v$  es la magnitud de la variable (no confundir con M, magnitud absoluta). El cálculo suele dar con varios decimales, pero debe redondearse solo al primero (de 0 a 4 hacia el valor menor, y de 5 a 9 hacia el inmediato mayor), exceptuando en estimas a simple vista de observadores con experiencia, donde se admiten dos decimales.

**Por ejemplo:** si el brillo de la variable dista un número igual de grados entre ambas comparaciones, seria el caso en que *la diferencia entre el brillo de la primer comparación y la variable respecto a la diferencia entre la segunda comparación y la variable fuese el mismo*.



En el gráfico superior se representa esquemáticamente el ejemplo (en forma aproximada). Las comparaciones (**A** para la mas brillante y **B** para la mas débil) distan en igual proporción de brillo de la variable (los grados **a** y **b** son iguales). En este caso el numero asignado a

cada grado será el mismo y dependerá de cuan grande sea la diferencia (menor numero, menor diferencia, en una escala usualmente de 0 a 10). Para continuar el ejemplo, supongamos que **A** tiene una magnitud igual a 5.35 y B una de 5.61, mientras que la variable, por supuesto, se sitúa en medio del brillo de ambas (en este caso en particular, justo en medio). También supongamos que la diferencia de brillo no es mucha, pero se observa con facilidad, de tal manera que le asignamos un valor de 3 a ambos grados (a y b).

El formato sin reducir seria el siguiente (lo que se anota durante la observación):

$$5.35 (3) V (3) 5.61$$

Y para reducir el dato, el cálculo quedaría así:

$$Mv = 5.35 + [ 3 / ( 3 + 3 ) ] . ( 5.61 - 5.35 )$$

Calculamos:

$$Mv = 5.35 + ( 0.5 ) . 0.26$$

$$Mv = 5.35 + 0.13$$

$$Mv = 5.48$$

El valor final estimado para la variable del ejemplo se redondea a 5.5. Nótese que en el caso de grados iguales, el calculo para la reducción es idéntico a promediar los dos valores de las magnitudes (**solo en este caso!**).

A continuación, otro ejemplo con diferentes grados:



En este caso, la diferencia de brillo entre **A** y la variable es notablemente superior en comparación con la diferencia de brillo entre **B** y la variable. Por este motivo, el grado a asignado para A será mayor que el asignado para **B** (b), pero aún así ambos siguen la misma proporción o escala.

Para completar el ejemplo del mismo modo que el anterior, supongamos la magnitud de A en 4.89 y la de B en 5.43, y que los grados asignados serán de 3 para a y de 1 para b, porque la diferencia de brillo entre **B** y la variable hace que se necesiten tres de ellas (de estas diferencias) para "llenar" el espacio entre el brillo de **A** y la variable (este concepto se simplifica con la práctica). La observación quedaría así:

$$4.89 (3) V (1) 5.43$$

La formula para reducir la observación:

$$Mv = 4.89 + [ 3 / ( 3 + 1 ) ] . ( 5.43 - 4.89 )$$

Calculamos:

$$Mv = 4.89 + ( 0.75 ) \cdot 0.54$$

$$Mv = 4.89 + 0.405$$

$$Mv = 5.295$$

Redondeando el dato, la magnitud estimada de la variable quedaría en 5.3.

Nuevo ejemplo, con el brillo de la variable mas cercano a la primer comparación:



A diferencia del ejemplo anterior, en este caso la variable tiene un brillo mucho mas parecido al de la primer comparación (**A**). Continuando con los mismos valores para las magnitudes (**A** = 4.89 y **B** = 5.43), hagamos nuevamente la estima:

$$4.89 (2) V (5) 5.43$$

Esta vez se le ha asignado un grado 2 a la diferencia entre **A** y la variable, y un grado 5 entre la variable y **B**. Este ultimo se dedujo a partir del primero, teniendo en cuenta que se necesita poco mas de 2 veces la diferencia entre **A** y la variable para cubrir la distancia en brillo entre la variable y **B** (recordemos que es solo un ejemplo aproximado!).

Reduciendo la observación:

$$Mv = 4.89 + [ 2 / ( 2 + 5 ) ] \cdot ( 5.43 - 4.89 )$$

Calculamos:

$$Mv = 4.89 + (0.2857) \cdot 0.54$$

$$Mv = 4.89 + 0.1543$$

$$Mv = 5.0443$$

Redondeando el valor final seria de 5.0 (casi 5.1, pueden cruzarse estimas utilizando varias estrellas para obtener el mejor valor). También es importante aprovechar los decimales de la calculadora. En este caso, si se ignoran menos de los primeros 4 en la división entre 2 y 7 ( $2 / [2 + 5]$ ), el resultado final quedaría en 5.1.

Como seguramente se deduce después de analizar todo esto, es importante elegir como comparaciones a estrellas de brillos lo mas semejantes a la variable posible (siempre y cuando se este seguro de que una de las estrellas es mas brillante y la otra mas débil). De esa forma se reduce el posible error al realizar la estima. Si ambas magnitudes, por ejemplo, no difieren en mas de 3 décimas (0.3) el posible scatter (dispersión) estará dentro de ese valor, y será seguramente una muy buena estima.

Para almacenar las observaciones es muy práctico el uso de planillas tipo *Excel*, donde se guarden todos los datos. incluso puede configurarse las formulas para reducir las observaciones automáticamente.

Para tener en cuenta:

- Es idéntico usar, por ejemplo, los grados 1 con 2 y 2 con 4 (y sucesivamente y con cualquier otro numero dentro de la escala). Esto puede utilizarse para aumentar la exactitud: si por ejemplo se estima con los grados 1 y 3 pero la diferencia entre el segundo (3) y la variable no llega a equivaler a 3 del primero (1) exactamente, sino un poco menos, puede llevarse a 2 y 6 y reducir el segundo (6) a 5.

## COLORES

*Con la colaboración de S. Otero*

Índice de color (B-V) y color percibido

Para definir el color de una estrella, Johnson y Morgan (1950), crearon el sistema UBV (del inglés Ultravioleta, Azul, Visible). Las mediciones se realizaban mediante un fotómetro fotoeléctrico y filtros para medir la intensidad de la radiación en longitudes de onda específicas:

**Ultravioleta:** 3000 Å a 4000 Å.

**Azul:** 3600 Å a 5500 Å.

**Visual:** 4800 Å a 6800 Å.

Con estos datos se pudo crear una serie de escalas: **(B-V)** y (U-B). Para las estrellas azules (B-V) < 0, mientras que para las rojas en índice de color (B-V) > 0. Mas detalladamente:

$< 0.15 = \mathbf{Azul}$   
 $-0.15 \text{ a } -0.05 = \mathbf{Blanco Azulado}$   
 $-0.05 \text{ a } +0.2 = \mathbf{Blanco}$   
 $+0.2 \text{ a } +0.5 = \mathbf{Blanco Amarillento}$   
 $+0.5 \text{ a } +0.9 = \mathbf{Amarillo}$   
 $+0.9 \text{ a } +1.5 = \mathbf{Naranja}$   
 $> +1.5 = \mathbf{Rojo}$

## Ejemplos de Índices de Color (B-V)

En la siguiente tabla se muestra la lista de las 20 estrellas mas brillantes del cielo ordenadas por sus índices de color, junto con el color percibido de cada una de ellas:

<u>ESTRELLA</u>	<u>(B-V)</u>	<u>COLOR PERCIBIDO</u>
Acrux (Cru)	-0.25	Azul
Mimosa (Cru)	-0.24	Azul
Hadar (Cen)	-0.23	Azul
Spica (Vir)	-0.23	Azul
Achernar (Eri)	-0.16	Azul
Rigel (Ori)	-0.03	Blanco
Vega (Lyr)	0.00	Blanco
Sirius (CMa)	0.00	Blanco
Deneb (Cyg)	+0.09	Blanco
Fomalhaut (PsA)	+0.09	Blanco
Canopus (Car)	+0.16	Blanco
Altair (Aql)	+0.22	Blanco Amarillento
Procyon (CMi)	+0.42	Blanco Amarillento
Rigel Kentaurus (Cen)	+0.76	Amarillo
Capella (Aur)	+0.80	Amarillo
Pollux (Gem)	+1.00	Naranja
Arcturus (Boo)	+1.23	Naranja
Aldebaran (Tau)	+1.54	Rojo
Antares (Sco)	+1.84	Rojo
Betelgeuse (Ori)	+1.87	Rojo

Como ejemplos especiales tenemos a **Naos** (zeta Puppis) con un B-V de -0.27 (varia entre el puesto 65 y 74 en brillo) y a **mu Cephei** con un B-V de +2.35 (estrella granate, varía entre en puesto 275 y 1850 de brillo!).

## Importancia de los colores en la observación

Para lograr estimas de gran calidad y precisión deben tenerse en cuenta varios factores. Uno importante son los colores de las estrellas y la forma en las que se las observa. El ojo y sus diferentes regiones responden de manera diferente al estímulo del brillo y color.

La siguiente guía detalla la forma en la que se deben observar las estrellas (tanto variables como comparaciones) de diferentes colores, teniendo en cuenta sus brillos y colores (B-V):

- Simple Vista

**Estrellas Azules:** Visión parafoveal (combinación entre directa y periférica, mirar al objeto pero de forma levemente desenfocada). No mirarlas directamente dado que el cielo a simple vista es el más iluminado posible, por tanto saldrían perdiendo en comparaciones con estrellas más rojas.

**Estrellas Amarillas:** Mirarlas directamente. Las estrellas amarillas son las que presentan los aspectos más puntuales

**Estrellas Rojas:** No mirarlas muy directamente, ni por mucho tiempo, para así evitar el efecto *Purkinje* (aparente incremento del brillo). Hacer rápidos saltos entre las estrellas.

- Binoculares

**Estrellas Azules:** Visión parafoveal si son brillantes. Para azules débiles, visión directa, evitando usar la visión periférica, lo que causaría una sobreestimación del brillo de las mismas.

**Estrellas Amarillas:** Visión directa en todos los casos. Mirarlas detenidamente antes de compararlas con otras de otros colores.

**Estrellas Rojas:** Visión parafoveal si son brillantes. Para rojas débiles, visión directa.

- Telescopios

**Estrellas Azules:** Visión parafoveal si son brillantes. Para azules débiles, visión directa, evitando usar la visión periférica, lo que causaría una sobreestimación del brillo de las mismas.

**Estrellas Amarillas:** Visión directa en todos los casos. Mirarlas detenidamente antes de compararlas con otras de otros colores.

**Estrellas Rojas:** Visión directa, dejando actuar al efecto *Purkinje* para no subestimar el brillo de las estrellas débiles. Visión parafoveal si son brillantes.

Si las estrellas a comparar son de colores similares estos problemas no se presentan. Simplemente hay que mirar a las tres de la misma manera. En este caso, de todas formas, se recomienda usar una visión directa, dado que es más fácil hacer un foco justo que dominar a la visión periférica.

## CONSIDERACIONES

- General:

En la estimación de variables hay factores que usualmente no se tienen en cuenta. Es importante, y la práctica lo comprueba, estar lo más relajado y tranquilo posible. Aunque parezca irrelevante las observaciones cuidadosas necesitan paciencia y tranquilidad, para poder observar detenidamente a las estrellas y hacer la estimación.

Tampoco se recomienda hacer observaciones inmediatamente después de comer o hacer ejercicios físicos. La posición de observación debe ser la más confortable posible, evitando esfuerzos incómodos.

Como es usual en Astronomía, para ver las cartas debe usarse una linterna de luz roja, para evitar perder la adaptación a la oscuridad. Asimismo, hay que permitir que la vista se adapte a la oscuridad antes de comenzar a observar con binoculares o telescopio. La cesión de observación puede iniciarse con las estrellas estimables a simple vista.

Antes de realizar cualquier estima de una nueva estrella debe estarse seguro de no cometer errores de identificación de la variable. Es conveniente comprobar por varios caminos que se trate de la estrella que buscamos. Para esto, como siempre, hay que utilizar las cartas y trazar un sendero hasta la estrella. Una vez encontrada por vez primera, en las siguientes cesiones se vuelve mucho mas sencillo.

#### - Simple Vista:

En las observaciones a simple vista la absorción atmosférica puede llegar a influir demasiado en las estimas. No es conveniente observar estrellas o utilizar comparaciones que estén por debajo de los 30/40 grados de altura sobre el horizonte. Tampoco debe forzarse la vista al tratar de observar estrellas o comparaciones en el limite, esto incrementa la posibilidad de cometer errores.

#### - Binoculares:

Muchos binoculares tienden a deformar la imagen hacia los bordes. Por este motivo se recomienda moverlos alternativamente para que tanto la variable como las comparaciones quedan en el centro del campo visual cuando de las observa.

Es muy práctico fijar los binoculares a un trípode. Aumenta la estabilidad de la imagen y hace mas confortable la observación. Como para todas las demás observaciones, los binoculares deben estar correctamente ajustados a la distancia interpupilar del observador y enfocados (con el ocular de enfoque).

#### - Telescopios:

Al igual que en el caso de los binoculares, es conveniente situar alternativamente a las comparaciones y la variable en el centro del campo, para evitar posibles errores. También es conveniente usar el mayor campo visual posible, con oculares de distancias focales grandes (bajos aumentos) para abarcar de ser posible las comparaciones y la variable en un mismo campo.

Tener en cuenta que las cartas suelen estar confeccionadas para telescopios con imágenes no invertidas, de tal forma que solo es necesario mover la carta hasta encontrar la orientación correcta. Esto funciona con telescopios que no inviertan la imagen, como los Newtonianos. Pero si se utiliza un Schmidt-Cassegrain, la imagen estará invertida, "derecha-izquierda". Lo que puede hacerse es invertir la carta en una dirección (no rotarla) con algún programa graficador, antes de imprimirla.

## REPORTES

Hay varias formas de reportar las observaciones (VSNET, AAVSO), pero en este caso se ejemplificara la simple, práctica y flexible: el formato VSNET.

Un típico reporte de observación de cierta estrella tiene este formato:

**SCORR 20010623.010 65 ???**

Donde SCORR es la variable (en este caso RR Scorpii). Le sigue la fecha decimal en tiempo universal (se utiliza el punto no la coma, con tres decimales), la magnitud de la variable (sin coma ni punto) y por ultimo los tres caracteres del código del observador registrados en VSNET.

### Paso a paso:

El **nombre** de la variable siempre comienza con la abreviatura de la constelación, exceptuando cuando se trate de estrellas a las que no se les ha asignado denominación de variable (puede nombrarse el número HD u otro catálogo o el número NSV, de *New Suspected Variable*). En caso de una variable con denominación, esta se coloca inmediatamente después (sin espacios) de la constelación. Si la estrella tiene una letra de Bayer asignada (letras griegas) se introduce en minúsculas inmediatamente después de la constelación.

*Ejemplos:* MUSBO , SCODelta, NSV06021, HD110717, etc.

Los nombres de la constelación y la asignación de variable van en mayúsculas, al igual que las siglas de NSV u otros catálogos. Los nombres de las letras griegas en minúsculas (pueden ir enteros, como delta o la abreviatura, del). En el caso de las NSV, se coloca un 0 si el número es inferior a 10000.

Para reportar mas de una observación deben ordenarse por constelación y estrella, pero no alfabéticamente, sino utilizando el "alfabeto variabilista". Este comienza por la R, luego la S.....hasta la hasta la Z. Se sigue con RR, RS.....hasta RZ. Después SS (no SR) hasta SZ. A continuación TT, hasta TZ. Y así sucesivamente hasta YY, YZ y ZZ. Superado esto, se retoma con AA, hasta AZ, de BB hasta BZ y así hasta QZ, sin incluir a la letra J. Este sistema permite hasta **334** estrellas por constelación. Si se localizan mas (algo muy común) se enumeran con la letra V seguido del número de descubrimiento (Ej. : V450 Aquilae, que para el reporte se escribiría: AQLV450).

La **fecha decimal** en tiempo universal, se calcula a partir del día y hora de la observación. Por ejemplo: para una observación realizada el **25 de Octubre del 2001 a las 22:35** hora local de Buenos Aires (TZ: -03) se procede de la siguiente manera:

Año: **2001**

Mes: **10**

Día: **26**

Hora (UT): **01**

Minutos: **35**

*Parte entera:* **20011026**, referido en orden al año, mes y día. Nótese que al calcular el tiempo universal, cambia la fecha (las 22 horas del 25 en la zona horaria -03 equivalen a las 01 horas del día 26 en tiempo universal).

*Parte decimal:* para calcular la fracción de día debe dividirse la hora en tiempo universal por 24 (horas en un día) y los minutos por 1440 (minutos en un día):

$$\text{Fracción de día} = ( 01 / 24 ) + ( 35 / 1440 ) = 0.066$$

Este último valor debe sumarse a la fecha entera:

$$\text{Fecha decimal (UT)} = 20011026 + 0.066 = \mathbf{20011026.066}$$

Con algo de práctica se vuelve un paso sumamente sencillo, utilizando una calculadora toma segundos calcular el día fraccional. **Recordar convertirlo previamente a Tiempo Universal, y reportarlo utilizando un punto y no una coma.**

La **magnitud estimada** se reporta sin utilizar puntos ni comas, exceptuando en los pocos casos de reportar a dos decimales, donde hay que incluir el punto (Ej.: 1.77, para que no sea confundido con 17.7!).

El **código de observador** de VSNET es una denominación única y asignada por la organización de observadores. Es conveniente contactarse con personas que estén involucradas en el tema, para que corroboren las observaciones y adquirir algo de práctica antes de comenzar a reportar las estimas, como parte de la responsabilidad del observador.

## SITIOS RELACIONADOS

[www.astrored.net/astrofiasur](http://www.astrored.net/astrofiasur) = Astronomía Amateur, sitio origen de este documento. Incluye sección variables. Editado por Enzo M. De Bernardini.

<http://ar.geocities.com/varsao> = Sitio web de Sebastián Otero. Cartas de variables con secuencias fotométricas revisadas e índices de color, datos e información de utilidad.

[www.surastronomico.com](http://www.surastronomico.com) = Sitio web de la revista Sur Astronómico, editada por C. F. Kurtz, en español y para el Hemisferio Sur.

[www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/cgi-bin/search\\_new.html](http://www.sai.msu.su/groups/cluster/gcvs/cgi-bin/search_new.html) = Catálogo GCVS (*General Catalogue of Variable Stars*). Herramienta de búsqueda.

[www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/LCs/index/index.html](http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/vsnet/LCs/index/index.html) = Curvas de luz de las estrellas en la base de datos de VSNET, ordenadas por constelación y estrella.

[www.institutocopernico.org](http://www.institutocopernico.org) = Sitio web del Instituto Copérnico. Incluye graficador de curvas de luz, cartas, noticias, etc.

---

Por el carácter educativo de este documento se permite su libre distribución solo en tanto no sea alterado su contenido. Para sugerencias y consultas comunicarse con el autor a través del correo electrónico: [astrofiasur@yahoo.com.ar](mailto:astrofiasur@yahoo.com.ar). Fecha de creación: 14/02/2002. Buenos Aires, ARG.

© Enzo M. De Bernardini - [www.astrored.net/astrofiasur](http://www.astrored.net/astrofiasur)

---