

ASOCIACION VALENCIANA DE ASTRONOMIA



**OBSERVACION
VISUAL DE
ESTRELLAS
VARIABLES**

por luis rivas



asociación valenciana de astronomia
grupo europeo de observaciones estelares

enero de 1987

1. INTRODUCCION

Actualmente nos hallamos inmersos en una época de grandes avances tecnológicos y científicos. La sofisticación de los medios y métodos de investigación es creciente, la especialización, cada vez más profunda y concreta, al tiempo que se incrementa la cantidad de trabajos publicados.

En esta situación, parece imposible realizar un trabajo de interés si no se dispone de instrumental sofisticado, Pero no es así, aún existen Ciencias en las que los aficionados pueden aportar datos fiables y, con ello, realizar investigaciones científicamente válidas, y es precisamente la Astronomía una de estas Ciencias. De entre todas sus ramas, una de las que más posibilidades ofrece al investigador amateur, es el estudio de las estrellas variables.

Llegados a este punto cabría preguntarse: ¿Qué es una estrella variable?. Se denomina así a aquellas estrellas cuya luminosidad aparente varía con el tiempo. Esta variación puede ser provocada por diversos fenómenos, lo cual da lugar a una amplia lista de tipos de estrellas variables, lista que no vamos a repasar aquí, y que puede ser encontrada fácilmente en los libros de divulgación o astronomía general. Simplemente diremos que podríamos clasificar estos astros, según la causa de su variación, en dos grandes grupos:

variables intrínsecas

variables extrínsecas

siendo del primer grupo aquellas que varían ellas mismas por fenómenos propios de la estrella, y extrínsecas aquellas cuya variación de brillo aparente no corresponde a una variación "real" del astro.

2. UTILIDAD DE LAS OBSERVACIONES

Hablar de estrellas variables es hablar de un campo que ofrece inmensas posibilidades de trabajo al astrónomo amateur. Para que sea más comprensible he aquí unos datos. Se conocen en la actualidad más de 30.000 estrellas variables, la mayoría de ellas incluidas todas en el G.C.V.S. (General Catalogue of Variable Stars) publicado por Karkarin. De entre ellas, varios miles son accesibles a prismáticos y a instrumentos de aficionado. Sería ilógico en estas condiciones el que los grandes observatorios profesionales, cuyos medios instrumentales han supuesto costos económicos elevadísimos, se dedicaran a observar estos astros. Y aún así, si todos los observatorios del mundo se dedicaran a observar variables sería casi imposible controlar esta grandísima cantidad de astros, más aún pensando que la dedicación a ello no sería exclusiva.

Evidentemente, los observatorios profesionales deben desarrollar programas más complejos, y es por ello por lo que, salvo unos pocos observatorios que dedican algún tiempo a estos astros, el resto del trabajo es realizado por aficionados. Muchísimas de estas estrellas fueron descubiertas como variables como producto de búsquedas sistemáticas realizadas hace muchos años, pero que fueron olvidadas o casi inobservadas desde entonces. Algunas sólo se observaron y catalog

garon como variables, pero se desconoce su tipo de variación, amplitud, periodo, efeméride, etc..., aparte de las que resta aún por descubrir.

El trabajo aislado de un observador puede dar escasos resultados de interés. La experiencia demuestra que cuando los aficionados trabajan en equipo de forma organizada, siguiendo un programa de observaciones previamente concertado, los resultados mejoran. Pero aún más, si estas estimaciones son debidamente tratadas y coordinadas, es posible acceder a verdaderas medidas, llegar a conclusiones de alto nivel, y arrojar luz sobre fenómenos aún no observados.

Vista la situación, no es extraño el que la mayoría de los conocimientos que actualmente tenemos sobre estos astros, provengan de aficionados o estén basados en sus observaciones. Actualmente, funcionan en el mundo algunos grupos organizados, dedicados a la observación de las estrellas variables, y cada vez se forman otros nuevos grupos. Entre los más importantes, cabe citar el GEOS europeo, AAVSO americana, AFOEV francesa, GOEV belga, etc.

Nuestra Asociación Valenciana de Astronomía dispone, desde 1977 de una Sección de Estrellas Variables que promueve la observación de estos astros. Esta Sección se halla plenamente integrada en el GEOS (Grupo Europeo de Observaciones Estelares), siendo el coordinador en España de las actividades de este grupo internacional. El GEOS es un grupo internacional especializado en la observación de las estrellas variables, cuyos trabajos abarcan un extenso abanico de tipos de variables. Los trabajos que desarrolla esta Sección ven su publicación en las Circulares del GEOS (que se envían a los observadores participantes) y en los Boletines de Información de la A.V.A.

3. MEDIDA DE LA MAGNITUD

El brillo de una estrella viene representado por su magnitud, definida de forma diferencial a partir de la fórmula de Pogson:

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log \frac{E_1}{E_2}$$

donde m_1 es la magnitud de la estrella de brillo E_1 .

El principal dato a obtener en la observación de una estrella variable es su magnitud. De entre los distintos métodos existentes para hallar la magnitud, uno de los más comunmente utilizados es el de los "grados" de Argelander, que es el que vamos a exponer aquí, y que se basa en la comparación de la estrella variable con dos estrellas de brillo constante y magnitud conocida. Se escoge en el campo de la variable un par de estrellas (utilizar para ello las cartas), de forma que una sea más brillante que la variable y otra menos brillante que la variable. Así pues, tendremos tres estrellas para realizar las comparaciones. Llamemos:

- A a la estrella más brillante
- V a la estrella variable
- B a la estrella menos brillante

Nuestro objetivo es determinar cuantos grados separan a A de V y a V de B. Los grados se establecerán comparando primeramente A con

V, siguiendo la siguiente escala:

1 GRADO.— Diremos que A es más brillante que V (la estrella variable) en **un grado** y lo escribiremos como **A(1)V**, cuando ambas estrellas parecen de igual brillo al primer golpe de vista, pero, tras un atento examen, parece, salvo raros instantes, que A es ligeramente más brillante que V.

2 GRADOS.— Diremos que A es más brillante que V en **dos grados**, y lo escribiremos como **A(2)V**, cuando ambas estrellas parecen de igual luminosidad aparente a la primera ojeada, pero, rápidamente y sin vacilación, observamos que A es más brillante que V.

3 GRADOS.— Diremos que A es más brillante que V en **tres grados**, y lo escribiremos como **A(3)V**, cuando una ligera diferencia de brillo entre ambos astros se percibe desde el primer momento.

4 GRADOS.— Diremos que A es más brillante que V en **cuatro grados** y lo escribiremos como **A(4)V**, cuando hay una notable diferencia de brillo entre A y V.

5 GRADOS.— Diremos que A es más brillante que V en **cinco grados**, y lo escribiremos como **A(5)V**, cuando observemos ya una desproporción de brillo entre A y V.

Después de haber hecho la comparación de brillos entre A y V, haremos lo mismo entre V y B con la misma escala de grados, obteniendo así las comparaciones propiamente dichas (o estimaciones), que serán de la forma siguiente:

A(3)V(2)	A(1)V(3)B	A(2,5)V(4)B	A(2,5)V(2)B
A(3,5)v(3)B	A(1,5)v(2)B	A(3)V(1)B	A(4)V(1,5)B

Si tenemos duda entre el 2º y 3º grados, por ejemplo, podemos recurrir a la expresión **A(2,5)V**, o bien **A(3,5)V** si la duda fuese entre el 3º y 4º grados, etc.

El método descrito no atribuye ningún valor al grado, sino que este depende de las condiciones de observación. El grado viene definido como la más pequeña diferencia de brillo que el ojo es capaz de percibir. La experiencia demuestra que el grado de un debutante normalmente se sitúa entorno a las 0,2 magnitudes, mientras que para un observador veterano puede llegar a 0,04 magnitudes. Se aconseja también tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

A) No utilizar si se es un principiante más de cinco grados de la escala anterior, pues se perderá exactitud y fiabilidad en las observaciones de forma progresiva hasta hacerlas inútiles. Cuando nos veamos en esta situación, lo más aconsejable es cambiar de estrellas de referencia.

B) A ser posible, procuremos que las estrellas de referencia no estén muy lejos de la variable, pues, al vernos obligados a mover el instrumento, perdemos con el tiempo la noción del brillo de la estrella que vamos a comparar.

C) Cuando se observe en grupo con otros observadores, no intercambiar información hasta no terminar por completo la sesión de observaciones. Varias experiencias han demostrado que si se comunica a un observador una medida, justo antes de éste hacer la suya, esta últi-

ma tiende sistemáticamente a ser igual o similar a la que le han comunicado !aun cuando la medida comunicada fuese a propósito errónea!.

D) No observar astros cuya altura sobre el horizonte sea menor de 20 grados, pues la absorción atmosférica nos falseará las comparaciones.

E) Evitar los cambios de instrumento si la estrella es de poca amplitud de variación.

F) Cuando en la carta de una variable tengamos más de dos estrellas de referencia, siempre habrá que escoger para la comparación un par de estrellas consecutivas, y desechar las demás, al tiempo que no se deberán hacer combinaciones de las mismas. Así por ejemplo, si las estrellas de referencia, ordenadas de mayor a menor brillo son A, B, C, D, E si la estrella variable brilla menos que B pero más que C, la única comparación posible es del tipo B()V()C, ya que no se admiten y son desechadas otras como A()V()C o como B()V()D, será esto así porque estas comparaciones falsean y dispersan las medidas.

G) Cuando en la carta de una variable tengamos duda sobre la supuesta variabilidad de una de las estrellas de referencia, o creamos haberla visto variar, ante la duda, lo mejor es prescindir de esa estrella y utilizar otra en su lugar.

Una vez dispongamos de la comparación de la forma A(a)V(b)B, procederemos a calcular la magnitud de la estrella variable, utilizando la fórmula siguiente:

$$mV = mA + \frac{a}{a+b} (mB - mA)$$

donde "mV" es la magnitud de la estrella variable (la cual queremos hallar); "mA" es la magnitud de A, y "mB" la de B. los valores de "a" y "b" son los obtenidos en la comparación.

Por ejemplo, para los valores de mA = 4,8 y mB = 6,0 la comparación A(2)V(3)B nos daría:

$$mV = 4,8 + \frac{2}{2+3} (6,0 - 4,8) = 5,28$$

esta sería pues la magnitud obtenida para la variable en este caso.

4. REDACCION DE LAS OBSERVACIONES

Las estimaciones o comparaciones efectuadas por los aficionados, son coordinadas y sus resultados publicados y utilizados por los profesionales. Cada vez es más frecuente que estas observaciones sean tratadas por ordenador, por lo cual es necesario redactarlas de una forma standard, para agilizar el trabajo coordinador. Es aconsejable el disponer de un cuaderno (no exclusivo para este tipo de observaciones) para evitar extraviarlas y tenerlas al tiempo por orden cronológico. La redacción de las observaciones depende del tipo de estrella de que se trate, ya que hay indicaciones concretas para algunos tipos de estrellas, pero, como norma general, la redacción de un caso puede ser así:

a/ UN BLOQUE DE CABECERA: En el que figura la fecha, datos del observador, de la estrella (en algunos casos si es poco conocida conviene indicar las estrellas de referencia utilizadas, efeméride, etc) así como localidad, instrumentos utilizados, etc. También es interesante incluir un comentario adicional respecto a la meteorología del día o las condiciones de observación.

b/ UN BLOQUE DE DATOS: En el que se relacionen las comparaciones, indicando junto a cada una de ellas la hora en T.U. con una precisión de un minuto a ser posible.

A título de ejemplo, he aquí lo que podría ser esta redacción, en un supuesto cualquiera.

20 FEB 1975		Obs: LUIS RIVAS (RVS)		Lugar: CASINOS (Valencia)			
Noche clara, con un poco de bruma al inicio e intenso frío (-13°C). Viento del Oeste flojo.							
<u>AN AND</u>		Secuencia de comparación		A=5.7 B=6.0 C=6.5 D=7.2			
Instrumento: P. 8x56							
T.U.	20h 54m	B (3,3) V (2) C		T.U.	22h 13m	B (1,6) V (3,5) C	
	21h 06m	3,5	2,2		22	1	3,8
	23	2,9	2		35	1	4
	32	2,6	2,5		47	0,5	3,7
	39	2,5	2,5		55	A (4) V (1) B	
	46	2	2,8		23h 09m	4	1
	58	2,7	1,7		21	B (0,5) (3) C	
					23	2	2,6
						2,5	3,2

TABLA I. Ejemplo de redacción de observaciones.

5. EL MATERIAL DE TRABAJO

5.1 LAS CARTAS CELESTES

Un observador de estrellas variables, utiliza para su trabajo unas cartas especiales que difieren de las comúnmente utilizadas por los demás aficionados. Sirva como ejemplo que a veces no son tan detalladas o a veces lo son más, pero ello no quita la utilidad de poseer un buen atlas celeste, lo cual es bastante aconsejable. Entre los muchos atlas existentes, citamos algunos que son recomendables, como el Bécvar, Brun, Norton, Falkauer, SAO, etc. A título de ejemplo, se incluye en el Anexo 1 una carta utilizada para la observación de variables por el GEOS. Analicemos su contenido:

En primer lugar, figura un recuadro destacado en el que se facilitan los datos de la variable, tales como el nombre (AN And), su tipo de variación que en este caso es EB (si no se conoce este dato se pone "?" o si fuese dudoso "EB?"), la amplitud de variación (si es conocida) en este caso 6,0 a 6,16p (donde la letra indica que esta amplitud fué determinada por medios fotográficos), el tipo espectral (A7m + A) y el periodo 3.219565 días. Eventualmente se pueden facilitar las coordenadas sobre todo si es débil (no es este el caso). Después se da la secuencia de comparación (estrellas de referencia utilizables para comparar) con sus magnitudes si son conocidas y, ocasionalmente el espectro de cada una y la fuente de donde proceden los

datos. En ocasiones alguna de estas estrellas de referencia aparece entre paréntesis, es el caso en que la carta ha sido revisada y se ha creído conveniente no utilizarla para efectuar las comparaciones, salvo que no dispongamos de estrellas alternativas, dado su tipo espectral, su distancia a la variable o por otras causas.

En un segundo recuadro situado en la parte superior, se incluye una carta general de la zona de la constelación en que se encuentra la variable. Esta carta se omite si la variable es muy brillante o muy conocida. Por último, una carta más detallada (y con un campo más reducido de la zona de la variable y sus estrellas de comparación en detalle. Estas cartas son facilitadas a los observadores que las solicitan a esta Sección de Estrellas Variables, así como los datos necesarios de las estrellas a observar.

También cabe recordar en previsión de evitar errores, que, en las cartas utilizadas para la observación de variables, el valor de las magnitudes de las estrellas de referencia (cuando se indican sobre la carta directamente en lugar de usar letras) viene expresado sin la coma o punto decimal, con el objeto de no confundir este símbolo de escritura con otra estrella de la carta. Como sabemos que es frecuente que los aficionados se fotocopien e intercambien cartas entre sí, hemos optado por representar (cuando es posible) a las estrellas como puntos grandes bien visibles, para evitar que se confundan con manchas de las fotocopiadoras.

5.2 LAS EFEMERIDES

Las efemérides para estrellas variables que se ofrecen en los catálogos, están basadas en el calendario juliano, por su continuidad. El comienzo del periodo juliano se remonta al año 4713 antes de nuestra era. Así pues, el año 1987 es el año 6700 del periodo juliano, comenzando el 1 de Enero de 1987 a las 12 horas el día juliano número 2446797. El decir que a las 12 horas es porque el día juliano comienza a mediodía y dura hasta el mediodía siguiente, consiguiendo con ello que una noche completa esté dentro del mismo día juliano.

Habitualmente, la efeméride de una estrella variable viene expresada de la forma

$$\text{Máximo D.J.} = 2443152,631 + 1,0347 E$$

donde el primer sumando indica el instante preciso del comienzo del primer periodo, y el segundo sumando es el valor de este periodo multiplicado por un número entero (E). Dando a "E" sucesivos valores se obtienen los instantes del máximo (en este ejemplo) a partir de la fecha inicial.

5.3 LOS INSTRUMENTOS DE OBSERVACION

Cualquier aficionado, sean cuales sean los medios de que disponga, puede realizar observaciones útiles en este campo. Incluso, si carece de instrumental puede, a simple vista, estudiar y seguir a un centenar de variables. Pero sólo disponer de unos prismáticos nos amplía mucho las posibilidades, ya que el número de variables crece considerablemente, a la vez que unos prismáticos suelen ser muy lu-

minosos y de gran campo, lo cual permite observar sin dificultad la variable y sus estrella de comparación, sin tener que efectuar grandes desplazamientos.

Como ya hemos indicado anteriormente, es muy conveniente que la diferencia de magnitud entre A y B no sea muy grande. A ser posible, esta diferencia no deberá ser mayor de 1,5 magnitudes, siendo lo ideal

$$0,5 \text{ mag} < m_B - m_A < 1,0 \text{ mag}$$

El ojo humano tiene la propiedad de distinguir mejor las pequeñas diferencias de brillo tanto más cuanto los astros a comparar son más débiles. A simple vista, en buenas condiciones, es posible a menudo ver estrellas de hasta la magnitud 6. Si son demasiado brillantes (mag. 1 ó 2), las pequeñas diferencias de brillo son inapreciables, mientras que si son demasiado débiles (mag 6), su visibilidad intermitente impide una buena comparación. Por lo tanto, a simple vista, el intervalo ideal de comparación se sitúan entre las magnitudes 3 y 5.

Con unos prismáticos o telescopio podemos ver estrellas más débiles, invisibles a simple vista, pero para estos instrumentos también existe un intervalo ideal de comparación. Se puede considerar, que el papel que juega el instrumento es el de **disminuir** algebraicamente la magnitud aparente de las estrellas, de forma que la estrella variable que queremos medir tenga **aparentemente** una magnitud comprendida entre 3 y 5. Es decir, que la estrella tenga a través del telescopio un brillo aparente comprendido en el intervalo de magnitudes 3 y 5 como si la observáramos a simple vista.

La Tabla 2 nos indica cual es el intervalo ideal para cada uno de los instrumentos más habituales entre aficionados, indicando también la magnitud límite de los mismos.

De esta Tabla se desprende que con un telescopio reflector de 200 m/m, las estrellas de magnitud comprendida entre 10,6 y 12,6 tendrán el mismo aspecto que las situadas en el intervalo 3,0 a 5,0 a simple vista. Del mismo modo, se desprende que una

INSTRUMENTO UTILIZADO	MAGNITUD LIMITE	INTERVALO IDEAL DE COMPARACION
S.V.	6,0	3,0 a 5,0
P. 50	9,8	6,8 a 8,8
R. 60	11,0	8,0 a 10,0
R. 80	11,6	8,6 a 10,6
T.100	12,3	9,3 a 11,3
T.200	13,6	10,6 a 12,6
T.320	14,6	11,6 a 13,6

TABLA 2. Intervalos ideales de comparación.

estrella de magnitud 8 podrá ser comparada bien con unos prismáticos de 50 m/m o un pequeño refractor de 60 m/m, mientras que la comparación será más insegura con un reflector de 150 m/m, y claramente difícil con uno de 320 m/m.

Además de esto, es aconsejable que la distancia angular aparente entre las estrellas de referencia sea inferior a 10 grados. Es obvio el papel que en este punto juega el aumento empleado, pero siempre será mejor utilizar el aumento más pequeño que nos permita observar cómodamente las estrellas, sin excederse de él para evitar que

nos las distancie aparentemente demasiado. Por todo lo dicho se comprenderá fácilmente que los instrumentos más adecuados para este tipo de observaciones son aquellos que poseen una relación F/D baja y, por lo tanto, un diámetro de campo mayor.

Para aquellos que dispongan de grandes reflectores (aberturas del orden de 300 m/m o más), es fácilmente ampliable el intervalo ideal de comparación construyendo un juego de diafragmas, de modo que el telescopio se pueda configurar a diferentes aberturas. Por ejemplo, el que posea un reflector de 200 m/m, puede tener dos diafragmas de 80 y 140 m/m con lo cual su intervalo se ampliará desde las magnitudes 8,6 a 12,6.

Además de lo hasta aquí comentado sobre el instrumento, bien sean unos prismáticos o un telescopio, también va siendo cada vez de uso más frecuente por parte del variabilista, otros accesorios, tales como fotómetros, comparadores visuales, etc, cuya descripción se excluye de este trabajo, remitiéndose a los interesados a la bibliografía al respecto.

6. AGENTES QUE PERTURBAN LA ESTIMACION VISUAL

Como todas las medidas que se realizan, tanto en laboratorio como fuera de él, las estimaciones visuales de estrellas variables no están exentas de verse afectadas por ciertos errores que afectan a su precisión y fiabilidad, errores que deben ser analizados y calibrados suficientemente si lo que se persigue es optimizar el análisis de las estimaciones para obtener resultados serios y lo más precisos posible.

Algunas imprecisiones han sido ya descritas en el punto 3 de este trabajo, así como algunas normas básicas cuyo correcto cumplimiento redundará en beneficio de la calidad de las estimaciones.

El primero de los errores a evitar siempre es el error de identificación. Para el aficionado conocedor de las constelaciones, que tenga una cierta práctica en la búsqueda de los astros, será este un error fácilmente evitable, dado que en las cartas de observación hallarán los elementos suficientes para identificar correctamente a la estrella variable que busquen. Pero los principiantes o personas que carezcan de esta práctica, deberán asegurarse de que lo que observan es verdaderamente la estrella variable que buscan, para lo cual en ocasiones es aconsejable repetir esta búsqueda tres o cuatro veces, mejor aún por métodos o caminos distintos, hasta asegurarse que llegan siempre al mismo astro. Si no se está seguro de haber hallado la variable, es aconsejable no realizar estimaciones de brillo, y mucho menos enviarlas a un centro coordinador. En los primeros pasos puede ayudarse de aficionados más expertos. Desde luego es obvio decir que los principiantes deberán optar siempre por observar estrellas fáciles de localizar, de amplitud de variación bastante considerable y, mejor aún si son bien conocidas, lo cual les permitirá utilizarlas como banco de pruebas para autocalibrarse y comparar sus resultados, con los ya conocidos y publicados sobre esas estrellas (por ejemplo, Delta Cephei, Beta Persei, Omicron Ceti, etc). A título indicativo,

cabe mencionar que la gran mayoría de los grupos dedicados al estudio de variables, incluyen en sus programas de observación una serie de variables fáciles recomendadas para los principiantes.

Un segundo error a tener en cuenta es el error de posición, causado por la falta de uniformidad en la sensibilidad de la retina del ojo humano, según sus diferentes zonas. Así por ejemplo, imaginemos que con nuestro ojo izquierdo observamos simultáneamente 3 estrellas de igual magnitud, situadas en el campo estelar tal y como se representa en la figura 2. El error de posición afectará al observador, de manera que este tenderá a ver a B y C más brillantes que A, aunque las tres sean iguales.

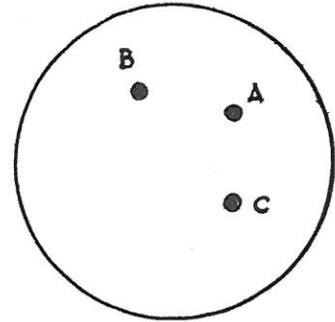


Figura 2

Este error es inevitable, pero la forma de reducir considerablemente su efecto es el de observar las estrellas con la misma porción de la retina, para lo cual si vamos a comparar A con B, desplazaremos el instrumento, llevando a A al centro del campo y luego a B al mismo lugar, evitando en todo momento efectuar una comparación por observación simultánea de ambas estrellas.

El error de posición aparece también como elemento distorsionador cuando en la observación de una variable de gran amplitud se realiza un cambio de instrumento. Así por ejemplo, observemos la figura 3 en la que se representa de nuevo a nuestras tres estrellas en los casos de observación a simple vista (SV) o con prismáticos (P). Los cambios de instrumento irán invirtiendo la imagen de forma diferente, tal como en la figura 4 al utilizar un telescopio, como en la figura 5 al añadirle un prisma cenital, o como en la figura 6 al observar de forma lateral con dicho prisma cenital.

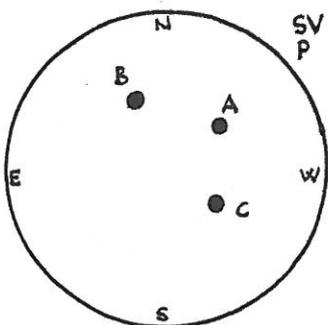


Figura 3

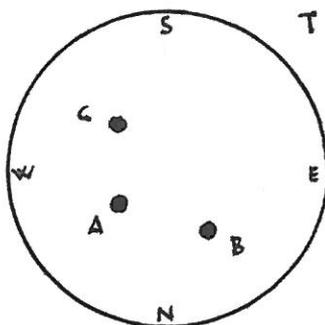


Figura 4

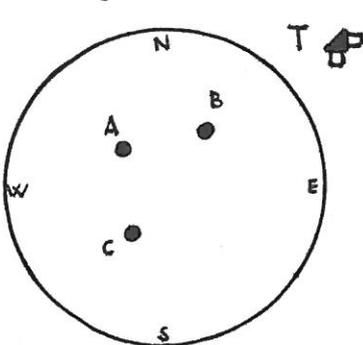


Figura 5

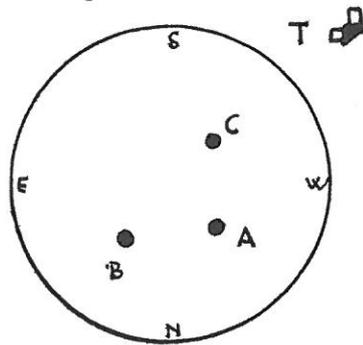


Figura 6

El error de posición, también puede surgir como producto de un hábito en la observación, dando lugar a variaciones estacionarias a corto o medio plazo. Imaginemos por ejemplo a un observador de Valencia que observa siempre a la misma hora una variable en la constelación de Delphinus. Al anoecer de principios de Junio la constelación va avanzando y ganando altura y se encuentra en la posición que se ve en la parte izquierda de la figura 7. A la misma hora, durante los meses que le siguen, la constelación culmina y va descendiendo. Por último, a la misma hora en las noches de Noviembre, la cons-

telación se halla sobre el horizonte Oeste, tal como se ve en la parte derecha de la figura 7. Se observa que el campo ha dado un giro muy considerable (línea discontinua), lo que implica que la ecuación

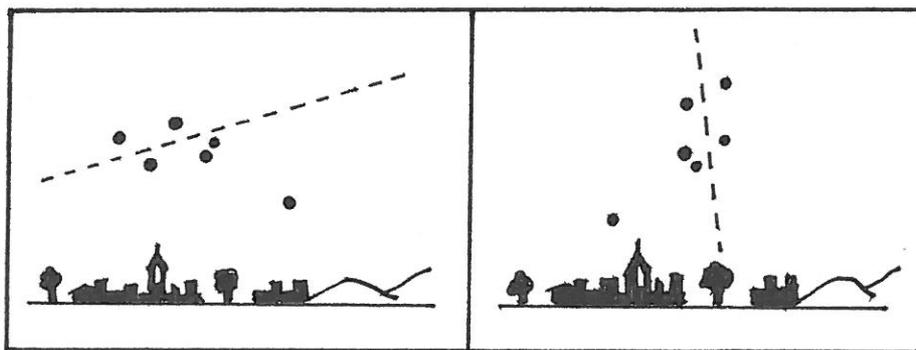


Figura 7. Delphinus desde Valencia en Junio y Noviembre.

de posición habrá variado. Además habrá que tener en cuenta la diferencia de iluminación entre cada uno de los diferentes horizontes que el observador posea. Así por ejemplo, si nuestro observador realiza sus observaciones desde la periferia Oeste de la ciudad, se verá más limitado al observar la estrella sobre el horizonte Este dado la contaminación luminosa de esta, y en cambio podrá verla más cerca del horizonte cuando la constelación esté al Oeste. Para centrarnos más en este tema, cabría hablar de dos tipos de errores: los sistemáticos y los accidentales. Veamos cuales son y en que nos afectan.

6.1 LOS ERRORES SISTEMATICOS

Son aquellos que producen modificaciones en la totalidad de la curva de luz, modificaciones que afectan al conjunto de la misma. El que una medida sea más o menos perfecta está en función de los valores que adquieran ciertos parámetros que intervienen en su realización, a saber :

$$\text{Mag} = f (M , E , I , H , C)$$

siendo "M" la magnitud real de la estrella, "E" la ecuación personal del observador, "I" la del instrumento, "H" la altura sobre el horizonte y "C" la calidad del cielo.

Partamos de la base de que el error de identificación se haya salvado, habiendo encontrado la variable que buscamos. Como premisa inicial, supondremos que la carta de observación da valores correctos. En estas condiciones, si el cielo está despejado y sin turbulencias, podemos prescindir del parámetro "C" en la función anterior. En cuanto a "H", debemos tener en cuenta su influencia. A título indicativo, en la tabla 3 se indica el valor del incremento de magnitud que provoca la absorción atmosférica a diferentes distancias cenitales. Los datos facilitados en dicha tabla han sido calculados para el supuesto de hallarse en un lugar aislado, con cielo puro, y sin luces. Cabría añadir a esto que en fotografía, estas cifras casi se doblan.

Deberá tenerse en cuenta, sobre todo en observaciones a simple vista o con prismáticos, que las estrellas a comparar pueden hallarse a diferentes alturas sobre el horizonte, lo cual implica una desi

DIST. CENITAL	Δ MAG	DIST. CENITAL	Δ MAG
0°	0,00	62°	0,26
15	0,00	64	0,30
20	0,01	66	0,34
25	0,02	68	0,39
30	0,03	70	0,45
35	0,04	72	0,52
40	0,06	74	0,60
45	0,09	75	0,65
50	0,12	80	0,98
55	0,17	84	1,49
60	0,23	88	3,10

gual absorción atmosférica, la cual puede calibrarse utilizando la tabla 3, cuyos valores se desprenden de la fórmula siguiente:

$$\Delta m = 0,24 \left(\frac{1}{\cos z} - 1 \right)$$

donde z es la distancia cenital o, lo que es lo mismo, si H es la altura sobre el horizonte, tendremos que $z = 90^\circ - H$.

Tabla 3. Absorción por la atmósfera.

También la diferencia de color entre las estrellas a comparar, puede introducir errores apreciables en la calidad de la medida. Por ello, al elaborar una carta, siempre que la riqueza del campo lo permite, se escogen estrellas de tipo espectral lo más análogo posible, dado que el ojo humano tiene una sensibilidad diferente para cada tipo de color. Además, recordemos que la atmósfera provoca diferencias de color según la altura del astro, dado que la dispersión es diferente según el ángulo de incidencia, por lo cual el Sol o la Luna, por ejemplo, se ven rojizos al hallarse cercanos al horizonte. Así también para las estrellas sucede lo mismo, dado que si se comparan entre sí dos estrellas, una roja y otra azul, hallándola iguales en el momento de encontrarse cerca del cénit, cuando estas mismas dos estrellas estén cercanas al horizonte, la roja dará la apariencia de ser más brillante. De la misma forma, si las vemos iguales en el horizonte, cuando estén en el cénit, la azul parecerá más brillante.

Ello comporta unas precauciones entre aquellos que realicen un seguimiento de una estrella variable, observándola siempre a la misma hora durante un periodo de tiempo bastante grande, dado que la estrella cambiará su distancia cenital día a día, lo cual afecta tanto en la diferente absorción atmosférica ya comentada, como en la variación de color. Estos problemas quedan subsanados casi íntegramente tomando la determinación firme de no observar estrellas cuya altura sobre el horizonte sea menor de 20 grados.

Vistos hasta aquí los parámetros "H" y "C", y sus posibles correcciones, la influencia del resto de los parámetros es difícil de evaluar, hallándonos la función de la forma

$$\text{Mag} = f (M, (E, I))$$

para cada pareja (E,I), o lo que es lo mismo, para cada pareja "observador-instrumento", se obtendría una curva de luz concreta, como se ve en la figura 8, donde se representa en trazo continuo la curva de un observador y en trazo discontinuo la del otro.

Sería un grave error el superponer o mezclar ambas curvas para su estudio conjunto, ya que el chichón de 0,1 magnitudes del día 5 sería despreciado como irreal. En cambio las dos series de medidas y

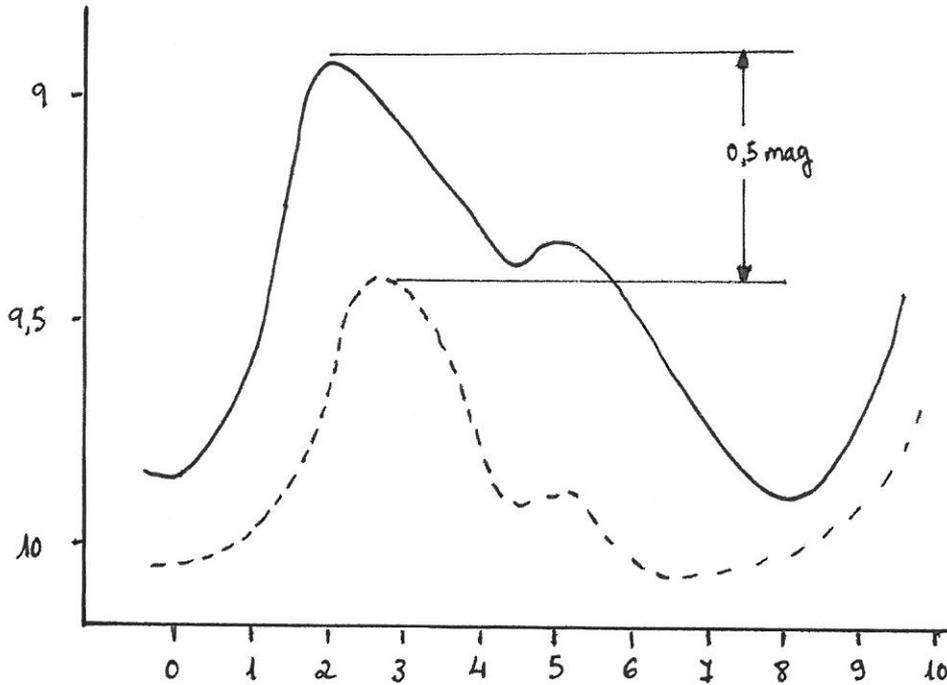


Figura 8.

curvas vistas y estudiadas por separado, demuestran la existencia de dicho chichón. En cuanto al instrumento, debe estudiarse también los cambios de instrumental efectuados durante el seguimiento de una variable, para así evitar deformaciones irreales. La figura 9 refleja lo sucedido al respecto cuando un observador seguía a una variable que, mientras rondaba la magnitud 8, era observada con prismáticos de 40 m/m (línea continua de la figura), pero que, al disminuir de brillo y aumentar por lo tanto su magnitud, fué observada desde entonces con un telescopio de 180 m/m. Un examen poco cuidadoso de la curva atribuiría el salto situado el día 3 a una variación real de la estrella, cuando en realidad dicho salto es debido al cambio de instrumento. En cambio, el trazo discontinuo pertenece a un observador que utilizó siempre el mismo instrumento (prismáticos de 80 m/m).

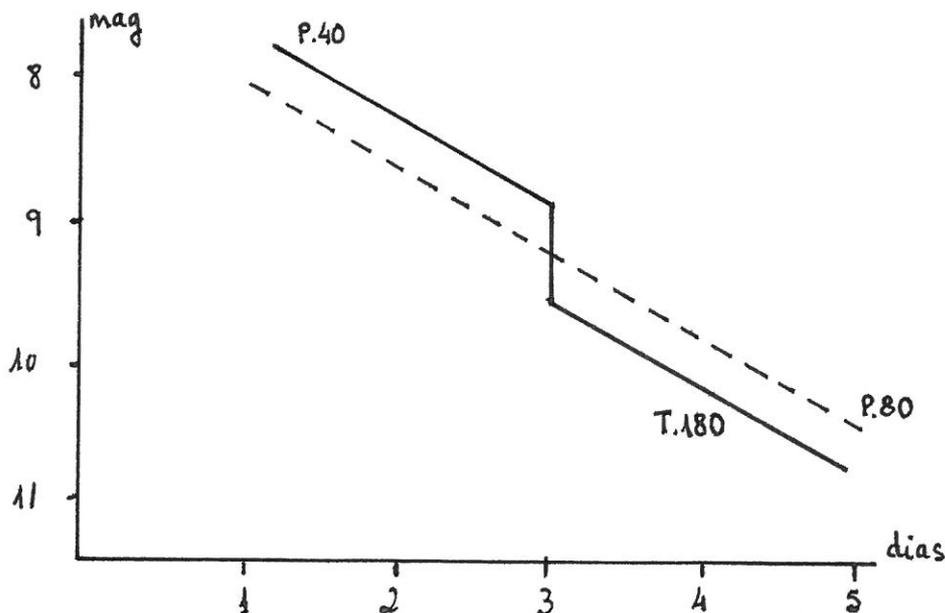


Figura 9.

De cara a optimizar los resultados, es conveniente hacer lo posible por mantener constantes los parámetros (E,I). La situación será óptima si se conservan siempre las mismas condiciones, es decir, el mismo observador, el mismo instrumento, calidad del cielo más o menos uniforme, igual altura de los astros sobre el horizonte, etc. Si así se hace, se logrará obtener estimaciones visuales precisas, dignas de un análisis minucioso.

En cuanto al error de posición anteriormente comentado, y al error asociado a la diferente sensibilidad espectral del ojo de cada observador, sólo cabe decir que ambos se hallan inmersos en los parámetros (E,I).

Para suprimir los efectos de los errores sistemáticos, se emplea el método de transformación de las curvas por "traslación-afinidad". La experiencia demuestra que las curvas de luz de una misma estrella obtenidas por dos observadores aislados, se pueden convertir la una en la otra a través de una traslación y de una afinidad. Veamos un caso de afinidad en la figura 10 entre las dos curvas de un mínimo de una variable eclipsante. El efecto de la traslación no es molesto para el estudio a nivel teórico, ya que sólo comporta el riesgo de falsear un poco la magnitud absoluta o la distancia de la estrella, pero no perturba en modo alguno el fenómeno que produce las variaciones de brillo.

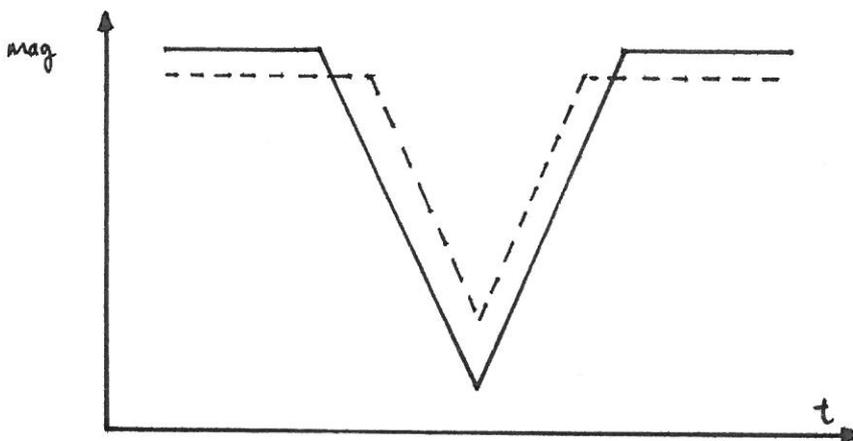


Figura 10.

La afinidad es más molesta. Modifica para cada observador la amplitud de su curva, de forma distinta. Por lo tanto se hace necesario calcular la media de las magnitudes observadas entre todos, para llevar cada curva a una afinidad que lleve a su amplitud a coincidir con la media de estas amplitudes.

6.2 LOS ERRORES ACCIDENTALES

Son aquellos que producen modificaciones locales de la curva de luz, haciendo desaparecer pequeñas ondulaciones de la misma, o introduciendo otras irreales. Estas modificaciones, además de molestas son irreversibles, siendo el único modo de combatir las el efectuar un análisis estadístico de gran número de medidas. Otro caso, es el que se presenta cuando las cartas utilizadas para la observación de

variables están mal calibradas, lo cual es fácilmente detectable a partir de las propias estimaciones de variables. Las observaciones de los variabilistas permiten ajustar las cartas a valores que eliminan las deformaciones de la curva de luz.

En cualquier caso, debemos recalcar que las observaciones de los debutantes, siempre que son realizadas convenientemente, son en verdad útiles y, en general, las observaciones de cualquier aficionado deben ser estudiadas y preservadas de todos los errores, logrando con ello obtener estudios realmente serios.

Así también, en cada caso se obtiene la secuencia personal para cada observador de las estrellas de comparación utilizadas.

BIBLIOGRAFIA

- "L'OBSERVATION VISUELLE DES ETOILES VARIABLES". M.Dumont, A.Figer artículo aparecido en *L'Astronomie* (1973)
 - "LA OBSERVACION DE ESTRELLAS VARIABLES". L.Rivas - Boletín Técnico nº1. Asociación Valenciana de Astronomía (1979)
 - "LE PROGRAMME D'OBSERVATION DU GEOS". A.Figer. GEOS FT10 (1978)
 - "LA DOCUMENTATION DE BASE DE L'OBSERVATEUR DU GEOS". E.Poretti, J.Vialle, A.Figer. GEOS DBO (1981)
 - "QUELQUES POINTS FUNDAMENTAUX". GEOS DB1 (1981)
 - "GUIDE DE L'ASTRONOME AMATEUR". Didier Godillon (1980)
 - "VERANDERLICHE STERNE". Wolfgang Strohmeier (1974)
 - "ASTRONOMIA". J.Comas Solá (1973)
 - "LES ETOILES VARIABLES". M.Petit (1982)
 - "GENERAL CATALOGUE OF VARIABLE STARS". P.N.Kholopov (1985)
 - "NEW CATALOGUE OF SUSPECTED VARIABLE STARS". P.N.Kholopov (1982)
 - "INSTRUCCIONES PARA LA OBSERVACION DE ESTRELLAS VARIABLES (Nivel Elemental)". X.Bros. Agrupación Astronómica de Sabadell (1976)
 - "ROCZNIK ASTRONOMICZNY OBSERVATORIUM KRAKOWSKIEGO". Kraków.
-

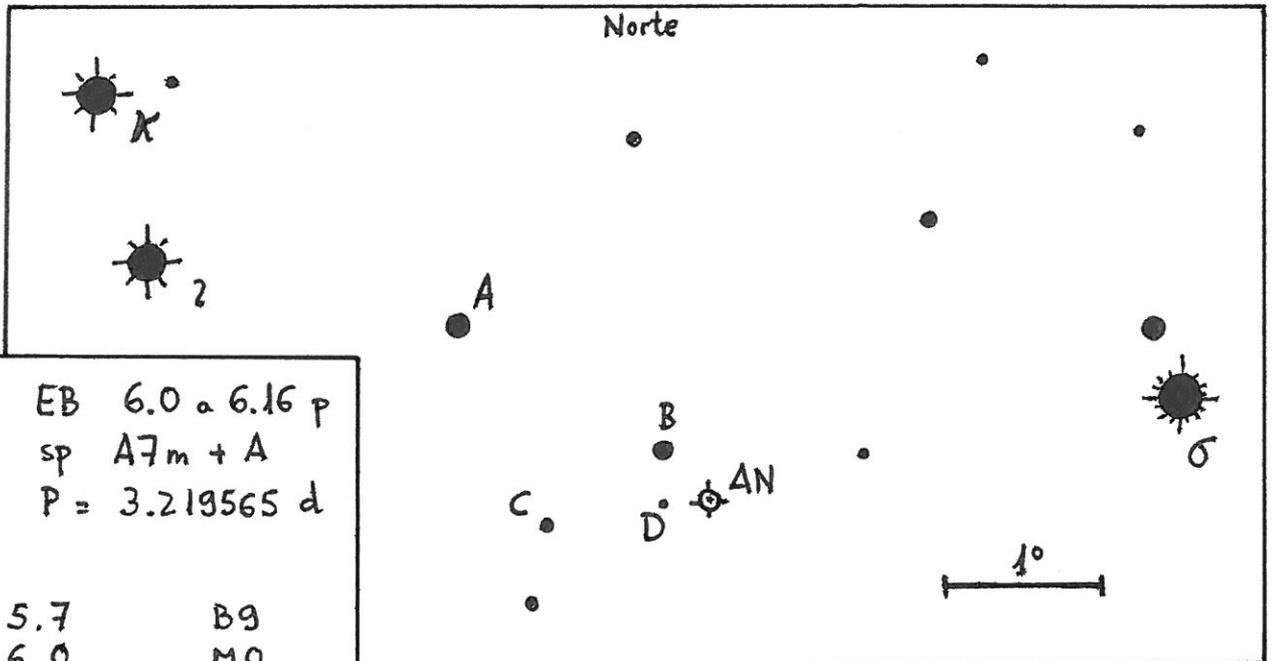
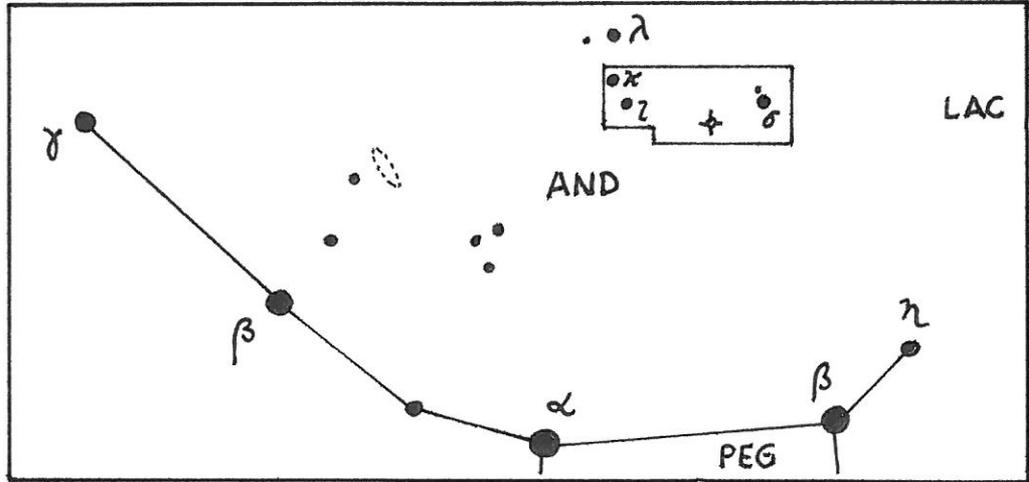
Valencia, Enero de 1.987

LUIS RIVAS SENDRA

Coordinador de la Sección de Estrellas Variables de la Asociación Valenciana de Astronomía.

Coordinador de la Sección de Estrellas Variables del Grupo Europeo de Observaciones Estelares.

ANEXO 1



<u>AN AND</u>		EB	6.0 a 6.16 p
		sp	A7m + A
		P =	3.219565 d
A	=	5.7	B9
B	=	6.0	M0
C	=	6.5	M
D	=	7.2	A

Programa GAS.PRS 1978-79

GEOS. Reproducción parcial.