

FOTOMETRIA Y ESPECTROSCOPIA ESTELAR

Resultados de observaciones fotométricas realizadas en Bosque Alegre

L. A. MILONE

Observatorio Astronómico,
Córdoba, Argentina.

Abstract: A preliminary study of the atmospheric extinction at the Bosque Alegre Field Station yields the following results: $C_1 = 0.110$, $C_2 = -0.030$; $C_3 = 0.271$, $C_4 = 0.020$; $C_5 = 0.200$, $C_6 = 0.000$. There is no evidence of any major seasonal variations in the coefficients. With the presently available photoelectric equipment, the magnitudes and colors of the UBV standards are duplicated within ± 0.01 of a magnitude, in the mean.

I. Introducción

Al poner en funcionamiento el fotómetro UBV en Bosque Alegre —lo cual ocurrió en junio de 1972—, una de las primeras necesidades fue determinar la extinción atmosférica en el lugar. Como segunda prioridad (evidentemente se trata de una condición previa a la medición de cualquier objeto de interés) resultó necesario averiguar si el sistema UBV se estaba duplicando satisfactoriamente.

En el presente trabajo, precisamente incluimos las conclusiones alcanzadas respecto de los dos temas citados.

II. Determinación de la extinción atmosférica

Para determinar la extinción atmosférica en el lugar, se siguió el procedimiento habitual de observar estrellas de distintos colores a distintas distancias cenitales, en varias estaciones del año. Algunos resultados típicos se observan en la Tabla I.

Los dos casos que se presentan corresponden a una noche muy buena (24/25-VII-72) y a otra que no fue tanto (el 11/

12-I-1973 se trabajó toda la noche con una gran tormenta a SW), habiéndose elegido para mostrar que tan buenas, o cuan pobres pueden ser las observaciones fotoeléctricas en este lugar.

Al representar linealmente las observaciones contra X , los residuos son notablemente pequeños la noche 24/25-VII (tén-gase presente que están expresados tomando como unidad los milésimos) y aceptables el 11/12-I; esta situación se refleja claramente en los valores que se obtienen para afuera de la atmósfera, ya que en el primer caso la magnitud y el color se definen con un error del orden del centésimo, o mejor, y en el segundo llegan a tener una incerteza de ± 0.053 .

Al reunir una cantidad suficiente de coeficientes de extinción K_v , K_{bv} y K_{ub} , es posible hacer un análisis preliminar de ellos, encontrándose para Bosque Alegre:

$$\begin{aligned} C_1 &= 0.110 \pm 0.006, \\ C_2 &= -0.030 \pm 0.008, \\ C_3 &= 0.271 \pm 0.010, \\ C_4 &= 0.020 \pm 0.010, \\ C_5 &= 0.200 \pm 0.006, \\ C_6 &= 0.000 \pm 0.008. \end{aligned} \quad (I)$$

Recordemos que es:

$$\begin{aligned} K_v &= C_3 + C_6 C_{bv}, \\ K_{bv} &= C_1 + C_2 C_{bv}, \\ K_{ub} &= C_3 + C_5 C_{ub}, \end{aligned}$$

Habiendo intervenido para deducir los valores de (I) observaciones de distintas épocas del año, resulta claro, entonces, que se trata de valores medios.

Resulta de interés comparar los valores que se obtienen para los C_i en Bosque Alegre, con los de otros observatorios. Por ejemplo, en el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, los C_i tuvieron los

TABLA I

| | A H | X | v' | $\delta v'$ | C'bv | $\delta C'_b$ | C'ub | $\delta C'_{ub}$ | v | Kv | Cbv | Kbv | Cub | Kub |
|----------------|--------|-------|-------|-------------|--------|---------------|-------|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 44-E) | 4:21 E | 1.598 | 5.853 | 4 | 0.686 | -1 | 3.142 | -0 | 5.545 | 0.195 | 0.524 | 0.100 | 2.650 | 0.307 |
| K 3 III | 3:51 E | 1.443 | 5.832 | -6 | 0.667 | 2 | 3.094 | -0 | $\pm .0099$ | $\pm .0078$ | $\pm .0066$ | $\pm .0052$ | $\pm .0056$ | $\pm .0044$ |
| 24/25-VII-72 | 1:44 E | 1.103 | 5.758 | 2 | 0.634 | 1 | 2.985 | 4 | | | | | | |
| | 1:12 E | 1.067 | 5.752 | 1 | 0.635 | -1 | 2.979 | -1 | | | | | | |
| | 0:11 W | 1.036 | 5.748 | -1 | 0.626 | 2 | 2.972 | -3 | | | | | | |
| 2-E2 | 0:30 W | 1.033 | 7.339 | 21 | -0.407 | -8 | 1.757 | -25 | 7.181 | $\pm .0247$ | -0.520 | 0.102 | 1.463 | 0.260 |
| A ₀ | 2:22 W | 1.161 | 7.455 | -17 | -0.410 | 8 | 1.758 | 7 | $\pm .0371$ | 0.222 | $\pm .0147$ | $\pm .0098$ | $\pm .0532$ | $\pm .0354$ |
| 11/12-I-73 | 3:51 W | 1.446 | 7.512 | -10 | -0.376 | 3 | 1.808 | 31 | | | | | | |
| | 5:22 W | 2.132 | 7.649 | 6 | -0.302 | -2 | 2.030 | -12 | | | | | | |

Muestra de observaciones realizadas en Bosque Alegre para determinar la extinción atmosférica. En la primera columna se identifica la estrella y se indica su declinación, su tipo espectral y la fecha en la cual fue observada. En la 2a., el ángulo horario que tenía en el momento de la observación; en la 3a., la secante de la distancia cenital. En la 4a., 6a. y 8a., la magnitud y los colores instrumentales afectados por la extinción. En la 5a., 7a. y 9a., los residuos que deja cada observación al representarlás linealmente contra X; estos residuos están expresados tomando como unidad el milésimo de una magnitud. En la 10, 12 y 14, la magnitud y los colores instrumentales desafiectados de extinción, tal como los determinan estas observaciones, con sus errores cuadráticos medios. En la 11, 13 y 15, los coeficientes de extinción K_v, K_{bv} y K_{ub}.

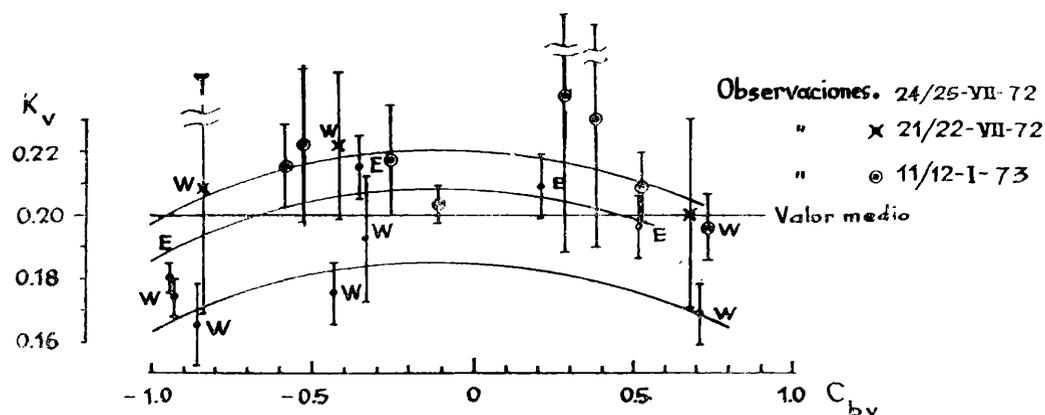


Fig. 1. — Se representan aquí todos los valores K_v obtenidos contra C_{bv} . W y E significan que la estrella ha sido observada al W, o al E del meridiano, respectivamente. Los trazos verticales indican el error cuadrático medio del valor representado.

siguientes valores en los años 1961/1965 (Gutiérrez-Moreno et al, 1966):

$0.120 \leq C_s \leq 0.150$, (los valores más pequeños del periodo);

$C_r = 0.090$, $C_2 = -0.035$,

$C_3 = 0.310$, $C_4 = -0.015$, (valores medios).

En el Observatorio de LaPlata los C_i valen:

$C_5 = 0.370$,

$C_r = 0.200$, $C_2 = -0.031$,

$C_3 = 0.370$, $C_4 = 0.000$, (valores medios).

Como se ve, en Bosque Alegre la absorción en el cenit para el visual es sólo un 50% mayor que en Cerro Tololo, en tanto que las condiciones son equivalentes para los colores C_{bv} y C_{ub} .

Para adelantar algo más en nuestro análisis del coeficiente de extinción, en las Figuras 1, 2 y 3 representamos respectivamente K_v y K_{bv} , contra C_{bv} , y K_{ub} , contra C_{ub} . En la Figura 1 se observa que los K_v más grandes corresponden a valores C_{bv} intermedios, en tanto que los K_v más pequeños se corresponden con C_{bv} fuertemente negativos o positivos. Lo que acabamos de decir es más notable si fijamos nuestra atención agrupando las observaciones realizadas en una misma fecha, según hayan sido observadas al E, o al W del meridiano. Así los valores "W" del 24/25 (5 puntos) definen bastante clara-

mente la parábola más baja de las tres dibujadas; los valores "E" del 24/25 (4 puntos) son sistemáticamente más altos que los "W" y definen otra parábola desplazada unos +0.02 respecto de la primera. Los valores del 21/22 definen la más alta de las tres. Por fin, los valores obtenidos para la noche 11/12-I-73, si bien algunos de ellos tienen un error cuadrático bastante grande, también parecen ser representados satisfactoriamente por la parábola más alta. O sea entonces, que en la Figura 1 se evidencia que K_v no es constante con el color; además varía de una noche a otra y, dentro de una misma noche, es distinto según se observe al E o al W; el valor encontrado antes, $K_v = 0.200$ (representado en la Figura 1), no parece estar acorde con toda la precisión que permiten las observaciones.

En la Figura 2 puede observarse el comportamiento de K_{bv} ; las observaciones del 21/22 y 24/25-VII-1972, que son las más precisas, ilustran el andar particular de este coeficiente. La línea "quebrada" más alta, representa satisfactoriamente las observaciones de las noches 21/22 y 24/25-VII-72. Los valores obtenidos la noche 11/12-I-73, parecen estar más acordes con la línea "quebrada" más baja (difiere en -0.025 de la anterior). Se ha dibujado también, la relación $K_{bv} = 0.110 - 0.030 C_{bv}$, de acuerdo a los valores encontrados previamente, y se ve que no representa satisfactoriamente las observaciones, por cuanto éstas muestran apartamientos sistemáticos respecto de la recta.

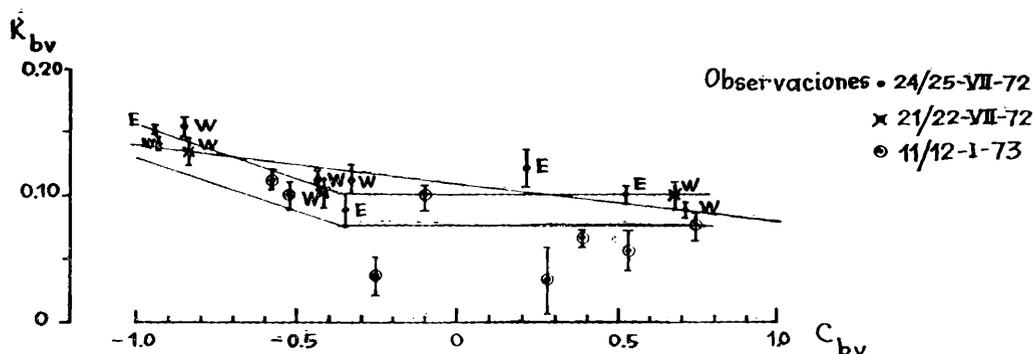


Fig. 2. — Se representan aquí todos los valores K_{bv} obtenidos contra C_{bv} . W y E significan que la estrella ha sido observada al W, o al E del meridiano, respectivamente. Los trazos verticales indican el error cuadrático medio del valor representado.

En la Figura 3 se ve que el comportamiento de K_{ub} no está bien definido. La línea recta representa, según lo que se indicó en (I), $K_{ub} = 0.271 + 0.020 C_{ub}$; hay algunos puntos que muestran apartamientos que no son satisfactorios por cuanto exceden 3σ (siendo σ el error cuadrático medio), v. gr., los valores $K_{ub} = 0.27$ ($C_{ub} = 1.12$); 0.36 (1.22); 0.28 (1.57) y 0.36 (1.83). Por otra parte la representación de los valores K_{ub} observados según la relación de Johnson (1963) —la línea quebrada en la Figura 3— tampoco resulta satisfactoria.

Finalmente, en la Tabla II incluimos dos ejemplos para mostrar el comportamiento de la magnitud v y del color C_{bv} , cuando, para corregir la extinción atmosférica, utilizamos los valores medios de (I) o los que se deducen de las figs. 1 y 2; en el primer caso, las magnitudes y los colores llevan subíndice "1", en el segundo "2". Como se ve, al utilizar los valores más co-

rectos para la extinción, en general mejora el acuerdo de una observación a otra; ésto se evidencia en la diferencia que resulta entre el valor más grande y el más pequeño de cada serie (ver los números entre paréntesis debajo de cada columna): estas diferencias son sistemáticamente más pequeñas cuando los coeficientes de extinción los deducimos de las figs. 1 y 2.

III. Reproducción del sistema UBV

La experiencia nos está indicando que estamos reprodiciendo satisfactoriamente el sistema UBV de Johnson. Para mostrar el acuerdo logrado, en la Tabla III incluimos residuos típicos de una noche de observación (residuos en el sentido valor observado menos valor standard). Para reducir afuera de la atmósfera se han utilizado solamente las observaciones de estrellas con un ángulo horario menor que $2^h 30^m$. En los casos en que la corrección

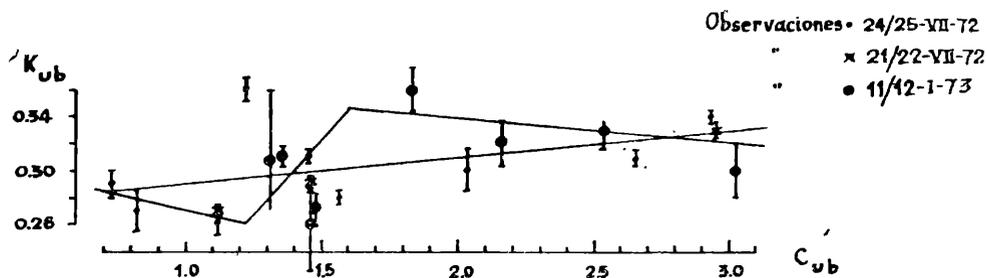


Fig. 3. — Se representan aquí todos los valores K_{ub} obtenidos, contra C_{ub} . Los trazos verticales indican el error cuadrático del valor representado. La recta que atraviesa la figura corresponde a la representación lineal de las observaciones en función de C_{ub} . La línea quebrada indica el andar de K_{ub} contra C_{ub} , según H. L. Johnson (1963).

TABLA II

| | AH | X | v_1 | v_2 | C_{bv1} | C_{bv2} | Observaciones |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-----------|-----------|--------------------------------------|
| 80-E6 | 0:44 W | 1.045 | 5.750 | 5.769 | -0.435 | -0.418 | $v_1, C_5 = 0.200, C_6 = 0.000$ |
| Am | 1:34 W | 1.088 | 5.767 | 5.787 | -0.439 | -0.421 | $v_2, C_5 = 0.182, C_6 = 0.000$ |
| 24/25-VII-72 | 2:26 W | 1.173 | 5.774 | 5.796 | -0.447 | -0.428 | $C_{bv1}, C_1 = 0.110, C_2 = -0.030$ |
| | 5:12 W | 1.998 | 5.750 | 5.786 | -0.451 | -0.418 | $C_{bv2}, C_1 = 0.107, C_2 = 0.000$ |
| | 5:47 W | 2.432 | 5.723 | 5.766 | -0.456 | -0.415 | |
| | | | (51) | (30) | (21) | (13) | |
| 72-E9 | 4:10 E | 1.538 | 5.565 | 5.556 | -0.400 | -0.369 | $v_2, C_5 = 0.206, C_6 = 0.000$ |
| FO IV | 3:36 E | 1.380 | 5.558 | 5.550 | -0.403 | -0.376 | $C_{bv1}, C_1 = 0.110, C_2 = -0.030$ |
| 24/25-VII-72 | 1:28 E | 1.080 | 5.554 | 5.548 | -0.388 | -0.367 | $C_{bv2}, C_1 = 0.102, C_2 = 0.000$ |
| | 0:57 E | 1.052 | 5.554 | 5.547 | -0.384 | -0.363 | $v_1, C_5 = 0.200, C_6 = 0.000$ |
| | 0:27 W | 1.037 | 5.563 | 5.556 | -0.384 | -0.364 | |
| | | | (11) | (9) | (19) | (13) | |

Aquí concluimos dos ejemplos para mostrar el comportamiento de la magnitud v_1 del color C_{bv} , al reducir afuera de la atmósfera las observaciones empleando valores medios para la extinción —ver (I'— o los que se deducen de las figuras 1 y 2. En las sucesivas columnas de la Tabla incluimos la identificación de la estrella, el ángulo horario en el que fue observada, espesor atmosférico, la magnitud que resulta para la estrella — v_1 — aplicando a la observación correspondiente el coeficiente de extinción media que se explicita en la columna “Observaciones”, la magnitud que resulta para la estrella — v_2 — aplicando a las observaciones correspondientes el coeficiente de extinción que se deduce de las figuras 1 y 2 y que está explicitado en “Observaciones”, y análogamente para los colores. Los números entre paréntesis debajo de las columnas v_1, v_2 , etc., indican la diferencia (en milésimos) entre el valor más grande y el más pequeño de los que le preceden.

TABLA III

| | T. Esp. | V | B - V | U - B | δV_1 | δV_2 | $\delta(BV)_1$ | $\delta(BV)_2$ | $\delta(UB)_1$ |
|-----------|------------|-------|--------|--------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| 91 - E6 | B6 III | 4.323 | -0.159 | -0.620 | 14 | 28 | -7 | 0 | -19 |
| HD 224990 | B5 III | 5.040 | -0.149 | -0.514 | 8 | 1 | -26 | -47 | 13 |
| 39 - E6 | B6 IV + A1 | 5.509 | -0.086 | -0.265 | -3 | 10 | 13 | -1 | 2 |
| 80 - E6 | A m | 5.820 | 0.311 | 0.143 | 1 | 4 | 16 | 27 | -6 |
| 72 - E9 | F0 IV | 5.622 | 0.366 | 0.014 | -7 | -31 | 14 | 28 | -9 |
| 79 - E6 | dF 7 | 4.358 | 0.422 | 0.208 | -18 | -19 | 4 | 20 | 20 |
| 71 - E9 | gC 9 | 6.104 | 1.010 | 0.796 | -13 | -30 | -6 | -4 | -12 |
| 44 - E9 | K3 III | 5.506 | 1.315 | 1.432 | 3 | -5 | -5 | -11 | 8 |
| 40 - E6 | gK 5 | 5.537 | 1.491 | 1.706 | 15 | 42 | -3 | -14 | 4 |

Muestra típica de los residuos que dejan las observaciones de estrellas standards (noche 24/25-VII-72). Los residuos son en el sentido valor observado menos valor standard. Las observaciones originales han sido corregidas por extinción atmosférica aplicándose coeficientes medios —resultando de la posterior comparación los residuos con subíndice 1—, o bien los coeficientes que resultan de las figs. 1 y 2 —resultando entonces los residuos con subíndice 2—.

por extinción se hizo aplicando coeficientes medios, los residuos llevan sub índice "1". Cuando la corrección por extinción se hizo aplicando los valores que se desprenden de las Figuras 1 y 2, los residuos llevan sub índice "2". En el caso del (U - B) se utilizó solamente extinción media, por cuanto la relación entre K_{ub} y C_{ub} no está bien definida y, en consecuencia, no se justifica utilizar otra cosa que no sea la relación lineal media.

Los residuos con subíndice "1" son satisfactoriamente pequeños. Por el contrario cuando aplicamos relaciones más complicadas para corregir la extinción, el valor de los residuos aumenta —o sea que el acuerdo externo empeora—.

Este resultado debe ser reflejo de que al corregir por extinción las magnitudes y colores de las estrellas standards de las regiones E —que son las que nosotros estamos empleando preferentemente— los astrónomos sudafricanos han utilizado solamente relaciones lineales.

IV. Conclusiones

Las variaciones encontradas en los coeficientes de extinción, de una noche a otra, o de una estación del año a otra, son lo suficientemente pequeñas como para no justificar —al menos según la presente experiencia— la utilización de otra cosa que no sean coeficientes de extinción media.

El sistema UBV internacional se está duplicando de manera muy satisfactoria, con un acuerdo del orden de ± 0.01 o ligeramente mejor. Los residuos que dejan las estrellas standards son razonablemente pequeños en tanto se considere que la extinción es una función lineal del color. Aún cuando las observaciones parecen ser lo suficientemente precisas como para permitir una corrección más exacta por extinción, esta tarea extra solamente se justificaría si la experiencia llegara a probar que se logra así un sistema de magnitudes y colores instrumentales con mejor acuerdo interno.

El andar del coeficiente K_{ub} contra C_{ub} , resulta extraño a la luz de las observaciones que analizamos aquí y bien merece un nuevo esfuerzo observacional para desentrañar su comportamiento.

Para terminar, sólo resta el grato deber de agradecer a las personas que han colaborado con el autor en las diversas etapas

de la realización de este trabajo. En primer lugar, al Ing. O. H. González Ferro, por haber realizado las primeras modificaciones en el equipo original adaptándolo a la fotometría fotoeléctrica y por orientarnos con relación a diversos problemas técnicos. Al Ing. M. B. Aimar por el interés personal que tomó, primero, en que el equipo comenzara a funcionar correctamente en el menor tiempo posible, y luego, en su mantenimiento. A los ayudantes nocturnos en Bosque Alegre, Sres. B. A. Candellero y H. E. Moyano, quienes siempre fueron colaboradores eficientes en el telescopio. Al Agr. J. R. Colazo por haber reparado algunos de los programas computacionales para reducir las observaciones fotométricas, y, finalmente, al Sr. J. A. Moreno por realizar todos los gráficos que acompañan la presente publicación.

REFERENCIAS

- Gutiérrez-Moreno, A., Moreno, H., Stock, J., Torres, C., y Wroblewski, H. 1966, Departamento de Astronomía, Publicaciones Nº 1, Universidad de Chile.
- Johnson, H. L., 1963, Photometric Systems en *Basic Astronomical Data*, Ed. K. Aa. Strand, Univ. of Chicago Press, Chicago, p. 212.

Clasificación espectral sobre placas con prisma objetivo

J. J. CLARÍA *

Observatorio Astronómico, Córdoba, Argentina

Abstract: An efficient method of identification of spectra on objective prim plates is described. 172 early-type stars of a region in Canis Major were classified in the MK system applying this method. Only 29 of them have been classified previously in this system by other authors, with good agreement in spite of different sources. A comparison with the HD spectral types in this sky region shows them to be, on the average, one spectral subclass later than the MK types assigned in this paper.

1) Observaciones con prisma objetivo

En el mes de enero de los años 1971 y 1972 se tomaron 13 placas con prisma objetivo, utilizando el telescopio (f/3.5) Cur-

* Dirección actual: Instituto de Astronomía, Apartado 264, Mérida, Venezuela.