

## Fotometría fotoeléctrica UBV del cúmulo abierto NGC 5460

J. J. CLARÍA

Observatorio Astronómico, Córdoba

### Introducción

Dadas las características poco conocidas del cúmulo galáctico austral NGC 5460, se decidió realizar un estudio fotométrico UBV y H $\beta$  de las estrellas en la vecindad del mismo. En este informe de trabajo se presentan los resultados obtenidos a partir de la fotometría UBV solamente, puesto que las observaciones en H $\beta$  se encuentran actualmente en proceso de reducción.

### Observaciones

El cúmulo abierto NGC 5460 ( $l_{II} = 315^{\circ}7$ ;  $b_{II} = +12^{\circ}6$ ) fue observado fotoeléctricamente con los telescopios de 16 y 36 pulgadas del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo, durante las noches que van del 19 al 31 de marzo de 1970. Una fotomultiplicadora 1P21, refrigerada con hielo seco, fue utilizada todas las noches. Se usaron filtros Corning y Schott recomendados para el sistema UBV (Stoy, 1958).

Con el objeto de realizar una determinación cuidadosa de la extinción atmosférica, se observaron todas las noches tres ternas de estrellas separadas una de otra en cuatro horas de ángulo horario. Estas estrellas pertenecen a la lista de A. Gutiérrez, H. Moreno y otros (1966) y fueron observadas dos y tres veces cada noche. Los coeficientes de extinción obtenidos en el período de observaciones, muestran muy buen acuerdo. En la Tabla I se consignan los valores medios para toda la comisión.

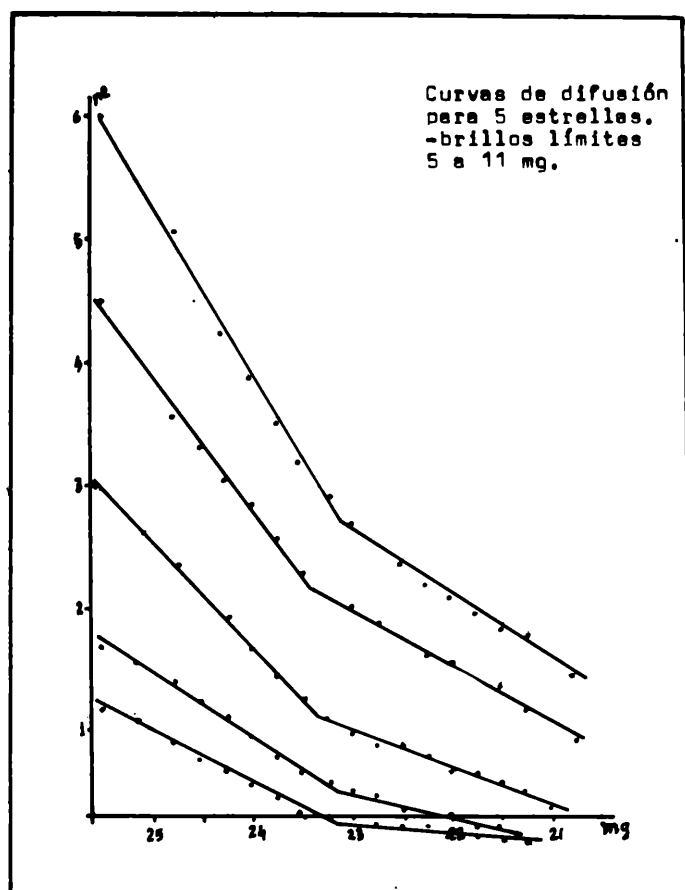
TABLA I

$a_{u-b}$	$b_{u-b}$	$a_{b-v}$	$b_{b-v}$	$a_v$
+0.309	-0.025	+0.080	-0.030	+0.130

Por otra parte, once estrellas standards del sistema mencionado fueron también observadas todas las noches. La reducción de estas estrellas permitió obtener los coeficientes de transformación al sistema standard. Este sistema es compatible con el de Johnson y Morgan excepto en el color (U-B) que puede presentar pequeñas diferencias. La corrección aplicable al  $(U-B)_{Tot}$  para reducirlo al (U-B) internacional es sugerida por Gutiérrez, A.; Moreno, H., y otros (1966).

### Resultados

En la Tabla II se consignan las observaciones en el sistema UBV de sesenta y cuatro estrellas contenidas dentro de un círculo de 30 minutos de arco a partir del centro del cúmulo. La primera columna corresponde al número asignado arbitrariamente a cada estrella (fig. 1). En las siguientes columnas se consignan los valores V, B-V, U-B y el número de observaciones de cada estrella en particular. El 60% de las estrellas de programa fueron observadas con ambos telescopios.



### Resultados obtenidos

Se calibraron 4 galaxias obteniéndose los siguientes resultados (mostrados en la tabla I): S son los brillos obtenidos con Sabatier; C los obtenidos con métodos clásicos, sobre la misma placa fotográfica, y H los valores dados por Holmberg. Los brillos dados por Holmberg son integrados hasta  $26,5 \text{ mag}/(")^2$  lo cual justifica que salgan sistemáticamente más débiles; el caso de NGC 4438 es una galaxia peculiar interactuante con NGC 4435.

TABLA I

$\text{mg}/(")^2$	$\Delta r_1$	$\Delta r_2$	$\Delta r_3$	$\Delta r_4$	$\Delta r_5$
25,5	19	23	11	13	15
24,75	10	7	7	6	7
24,5	9	7	7	6	5
24,25	9	7	9	7	8
24,00	10	9	10	8	8
23,75	8	8	8	7	8
23,50	9	7	7	7	5
23,25	7	4	8	5	4
23,00	5	4	4	4	2
22,75	4	4	2	5	2
22,50	6	5	5	4	3
22,25	3	-	5	3	2
22,00	5	-	4	5	4
21,75	-	-	4	4	2

TABLA II

NGC	S	C	H	C-S	H-S
4406	9,74	9,87	10,1	0,13	0,27
4438	11,38	11,06	10,92	-0,32	-0,46
4435	11,21	11,33	11,86	0,12	0,65
4374	9,93	9,69	10,21	-0,24	0,28

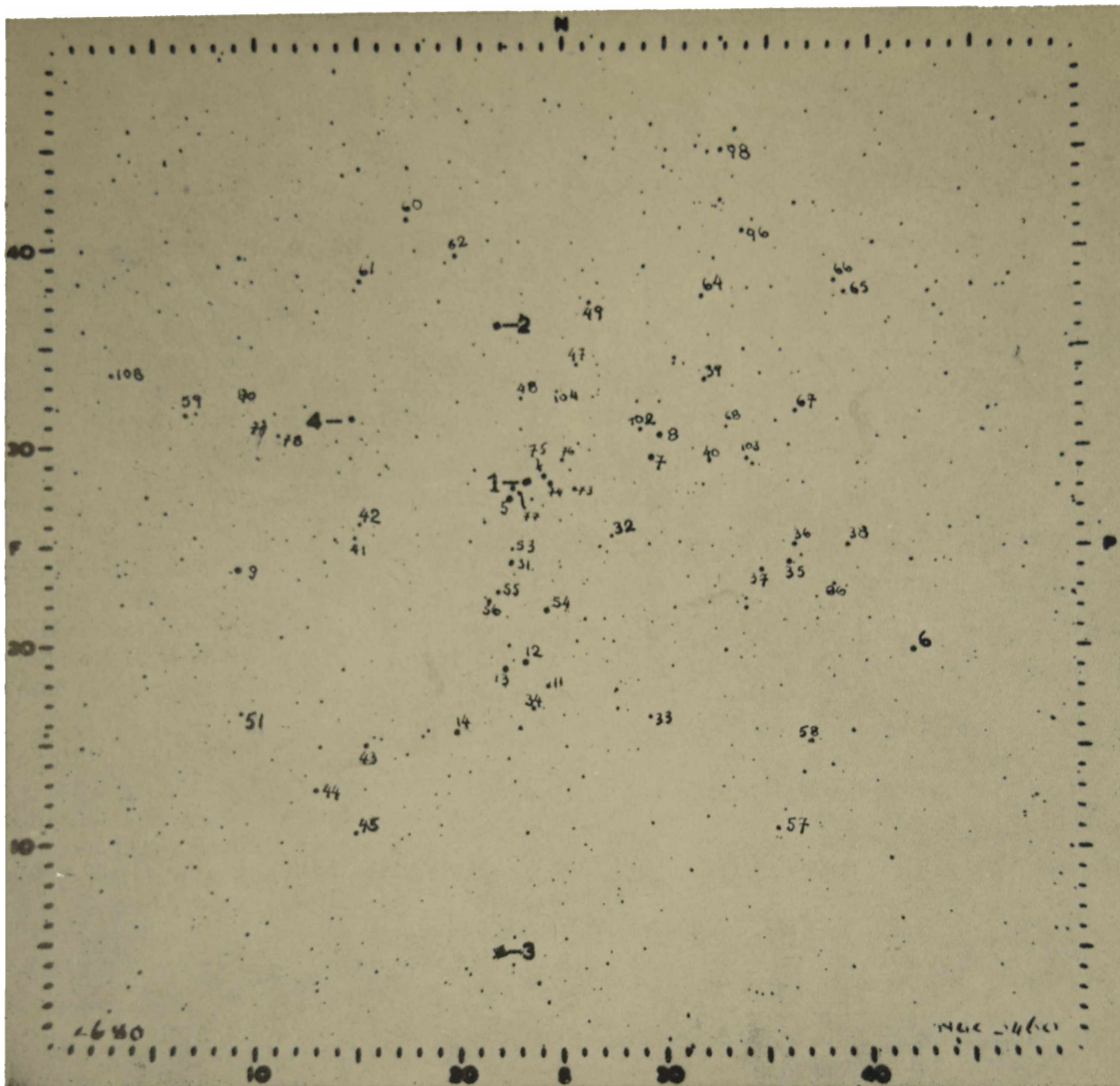


Fig. 1 — NGC 5460

Los errores medios de una observación derivados de la consistencia interna de las estrellas standards, son:  $e_v = 0^m.019$  (e.m),  $e_{b-v} = 0^m.014$  y  $e_{b-u} = 0^m.018$ . Los errores medios externos deducidos de la consistencia de las mediciones de cada estrella de programa en diferentes noches, resultaron ser:  $0^m.016$ ,  $0^m.010$  y  $0^m.014$  para V, B-V y U-B respectivamente.

Considerando como variable aquella estrella con discrepancias mayores que un décimo de magnitud en sus medidas, hay tres estrellas variables denotadas con un asterisco en la Tabla II. En estos casos se han tabulado los valores medios.

En los diagramas Color-Color (fig. 2) y Color-Magnitud (fig. 3) se han indicado sólo las estrellas que se consideran miembros del cúmulo. Puede apreciarse que la secuencia principal está muy bien definida. En la figura 2 la curva a trazos representa la relación standard de John-

son y Morgan (1953). Los valores  $E(B-V) = 0^m.14$  y  $E(U-B) = 0^m.10$  obtenidos a partir de la figura 2 están en perfecto acuerdo con la ley normal de enrojecimiento en la Galaxia (Johnson y Morgan, 1953). Entonces,  $A_v = 3E(B-V)$ , de donde  $A_v = 0^m.42$ .

El criterio adoptado para discernir entre miembros y no miembros del cúmulo, se basa esencialmente en la posición de las estrellas en los dos diagramas y en la ubicación de las mismas en el cielo. Las estrellas 3, 4, 9, 10, 11, 33, 34, 38, 41, 44, 53, 57, 58, 59, 61, 62, 73, 79, 80, 86, 96, 98, 103, 104 y 108 han sido excluidas como miembros, por no pertenecer ni a la secuencia principal del cúmulo, ni a la rama de las gigantes. De estas estrellas, las 3, 4, 10, 33, 41, 61, 62 y 103 manifiestan ser de primer plano, ya que no presentan enrojecimiento en el diagrama Color-Color. Por otra parte, las estrellas 9, 96 y 104 fueron eliminadas por estar anormalmente enrojecidas. La estrella número 6 (H.D

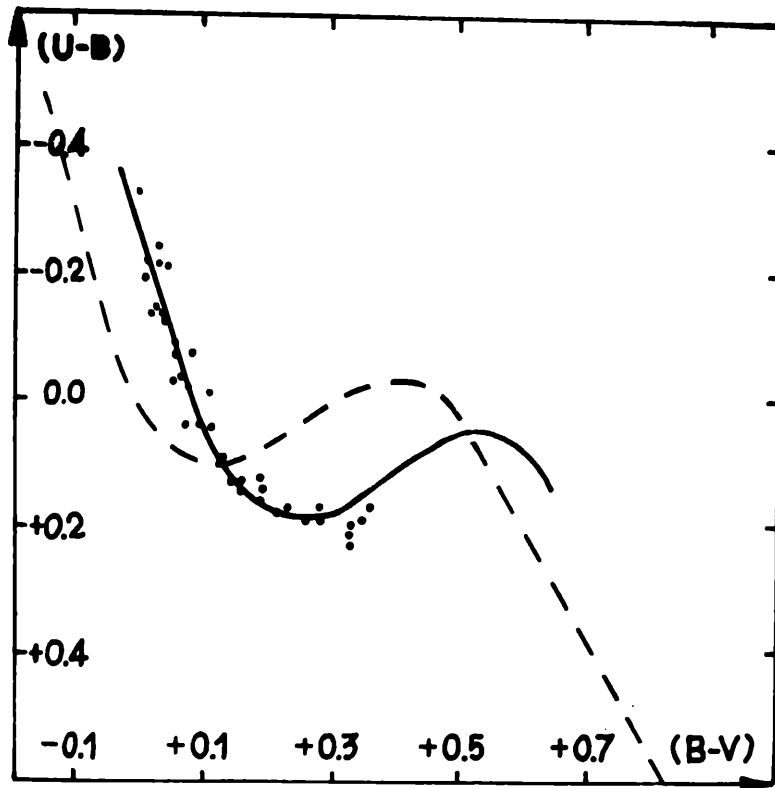


Fig. 2 — Diagrama Color-color de NGC 5460

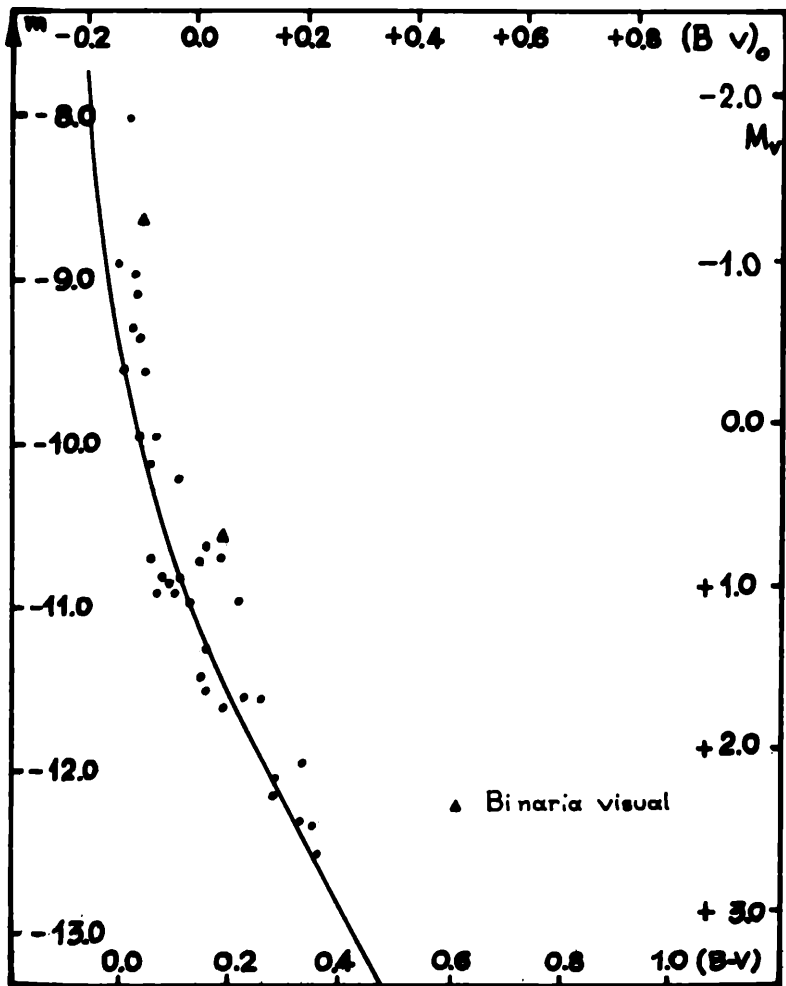


Fig. 3 — Diagrama Color-Magnitud de NGC 5460

TABLA II

Nº	(U-B)	(B-V)	V	n
1	-0.14	+0.04	8.64	5
2	-0.22	+0.02	8.01	5
3	-0.02	-0.02	6.49	4
4	+0.01	+0.46	8.77	5
5	-0.33	0.00	8.89	5
6	+1.06	+1.12	7.56	4
7	-0.21	+0.03	9.29	4
8	-0.21	+0.04	9.36	4
9	+0.37	+0.91	8.54	4
10	+0.06	+0.31	8.66	3
11	+1.18	+1.20	9.36	4
12	-0.14	+0.03	8.95	5
13	-0.24	+0.03	9.09	4
14	-0.19	+0.01	9.54	4
31	+0.14	+0.19	10.55	4
32	+0.19	+0.28	12.04	3
33	+0.20	+0.59	11.18	3
34	+0.88	+1.04	9.68	4
35	-0.13	+0.04	9.94	4
36	+0.04	+0.11	10.82	5
37	+0.12	+0.19	10.66	3
38	+1.24	+1.28	9.77	3
39	-0.01	+0.15	10.67	4
40	+0.13	+0.16	11.49	3
41	+0.08	+0.52	11.65	3
42	+0.17	+0.28	12.16	3
43	-0.02	+0.08	10.50	5
44	+0.13	+0.35	10.31	4
45	+0.04	+0.10	10.89	6
47	+0.20	+0.33	11.95	3
48	+0.21	+0.33	12.31	2
49	+0.04	+0.07	10.91	3
51	+0.17	+0.23	11.56	4
53	+1.35	+1.33	11.47	2
54	-0.03	+0.05	9.55	7
55	+0.09	+0.13	10.94	5
56	+0.14	+0.16	10.60	5
57	+0.24	+0.29	10.72	4
58	+0.17	+0.63	10.86	4
59	+0.14	+0.38	10.66	2
60	-0.07	+0.06	10.68	2
61	-0.08	+0.01	10.70	3
62	+0.20	+0.60	10.08	2
64*	-0.07	+0.08	10.84	3
65	+0.13	+0.15	11.42	3
66	+0.16	+0.19	11.60	2
67	+0.13	+0.16	11.24	3
68	+0.17	+0.36	12.49	3
73	+0.95	+1.12	9.67	6
74	-0.03	+0.07	9.94	5
75	-0.09	+0.06	10.11	5
76*	+0.19	+0.26	11.56	5
77	-0.01	+0.11	10.21	4
78	+0.19	+0.35	12.33	2
79	+0.14	+0.56	11.96	2
80	+0.13	+0.68	12.88	2
86*	+0.34	+0.46	12.01	4
96	+0.23	+0.28	10.72	3
98	+0.08	+0.52	10.25	4
102	+0.18	+0.22	10.93	4
103	+0.10	+0.55	11.38	2
104	+0.29	+0.45	13.07	3
108	+0.90	+1.06	10.57	3
109	+0.03	+0.06	7.07	2

123432) aparenta ser una gigante tardía, probablemente miembro del cúmulo (no incluida en fig. 3). De las consideraciones anteriores 37 estrellas resultan ser miembros de NGC 5460.

TABLA III

N°	V <sub>0</sub>	(B-V) <sub>0</sub>	M <sub>v</sub>	V <sub>0</sub> -M <sub>v</sub>
1	8.22	-0.10	-0.7	8.92
2	7.59	-0.12	-1.2	8.79
5	8.47	-0.14	-0.7	9.17
7	8.87	-0.11	-0.3	9.17
8	8.94	-0.10	0.0	8.94
12	8.53	-0.11	-0.3	8.83
13	8.67	-0.11	-0.3	8.97
14	9.12	-0.13	-0.6	9.72
31	10.13	+0.05	+1.2	8.93
32	11.62	+0.14	+1.8	9.82
35	9.52	-0.10	0.0	9.52
36	10.40	-0.03	+0.8	9.60
37	10.24	+0.05	+1.2	9.04
39	10.25	+0.01	+1.0	9.25
40	11.07	+0.02	+1.1	9.97
42	11.74	+0.14	+1.8	9.94
43	10.08	-0.06	+0.6	9.48
45	10.47	-0.04	+0.7	9.77
47	11.53	+0.19	+2.0	9.53
48	11.89	+0.19	+2.0	9.89
49	10.49	-0.07	+0.4	10.09
51	11.14	+0.09	+1.5	9.64
54	9.13	-0.09	+0.1	9.03
55	10.52	-0.01	+1.0	9.52
56	10.18	+0.02	+1.1	9.08
60	10.26	-0.08	+0.3	9.96
64	10.42	-0.06	+0.6	9.82
65	11.00	+0.01	+1.0	10.00
66	11.18	+0.05	+1.2	9.98
67	10.82	+0.02	+1.1	9.72
68	12.07	+0.22	+2.0	10.07
74	9.52	-0.07	+0.4	9.12
75	9.69	-0.08	+0.3	9.39
76	11.14	+0.12	+1.6	9.54
77	9.79	-0.03	+0.8	8.99
78	11.91	+0.21	+2.0	9.91
102	10.51	+0.08	+1.5	9.01

Una prueba adicional de las estrellas consignadas como miembros se manifiesta en el diagrama V<sub>0</sub> vs M<sub>v</sub> (fig. 5), aplicando el ejemplo de Walker (1965). El pequeño apartamiento de las estrellas 14, 37, 49, 60 y 102 de la banda de 0<sup>m</sup>.5 es probablemente debido a la imprecisión en la estima de sus magnitudes absolutas a través del índice de color.

En la Tabla III se consignan la magnitud y los colores intrínsecos de los miembros del cúmulo. Debe destacarse que al estimar el parámetro Q de Johnson (1963) para todas las estrellas miembros del cúmulo más tempranas que A0 inclusive, se obtuvieron valores individuales del exceso E(B-V) para dichas estrellas. El exceso E(B-V) promedio obtenido de esta manera, resultó ser 0<sup>m</sup>.13 lo que confirma el valor obtenido anteriormente a partir del diagrama Color-Color. Las magnitudes absolutas indicadas en la Tabla III se asignaron de acuerdo con los tipos espectrales correspondientes a los colores intrínsecos medidos (Johnson, 1963), utilizando la calibración de Blaauw (1963). En la quinta columna de dicha Tabla se indican los módulos verdaderos de distancia obtenidos, de los cuales se infiere un valor medio de  $9.46 \pm 0.35$ . Este valor conduce a una distancia de  $781 \pm 10$  pc. Una vez completada la fotometría H $\beta$ , se dispondrá de un indicador directo de luminosidades, que permitirá estimar nuevamente la distancia en forma independiente.

La estrella número 2 es la más brillante del cúmulo sobre la secuencia principal. En base a esta estrella, la edad de NGC 5460 resulta ser de  $4 \times 10^7$  años. La figura 4 muestra la ubicación de este cúmulo en el diagrama H-R compuesto por cúmulos de edades bien conocidas. Del diagrama mencionado se infiere que NGC 5460 es más viejo que  $\alpha$  Persei y más joven que las Pléyades. La edad obtenida anteriormente es congruente con el valor interpolado de fig. 4 en base a las edades del par de cúmulos mencionados.

Con el diámetro angular de 1°04' estimado, y el valor estimado de la distancia, el diámetro lineal resulta ser 14,3 pc.

Finalmente, agradezco al Dr. V. Blanco haberme permitido realizar las observaciones con los telescopios de 16 y 36 pulgadas del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo. Asimismo, agradezco las sugerencias del Dr. R. F. Sisteró que ayudaron a realizar este estudio.

Blaauw, A., Basic Astron. Data, K. Aa. Strand, Ed., 1963.

Gutiérrez, A.; Moreno, H.; Stock, J.; Torres, C., y Wroblewski, H., Publ. Dep. Astron. Univ. de Chile, 1966.

Johnson, H. L., y Morgan, W. W., Ap. J. 117, 313, 1953.

Johnson, H. L., Basic Astron. Data, K. Aa. Strand, Ed., 1963.

Stoy, R. H., Trans. I.A.U., 10, 372, 1958.

Walker, G. A. H., Ap. J. 141, 660, 1965

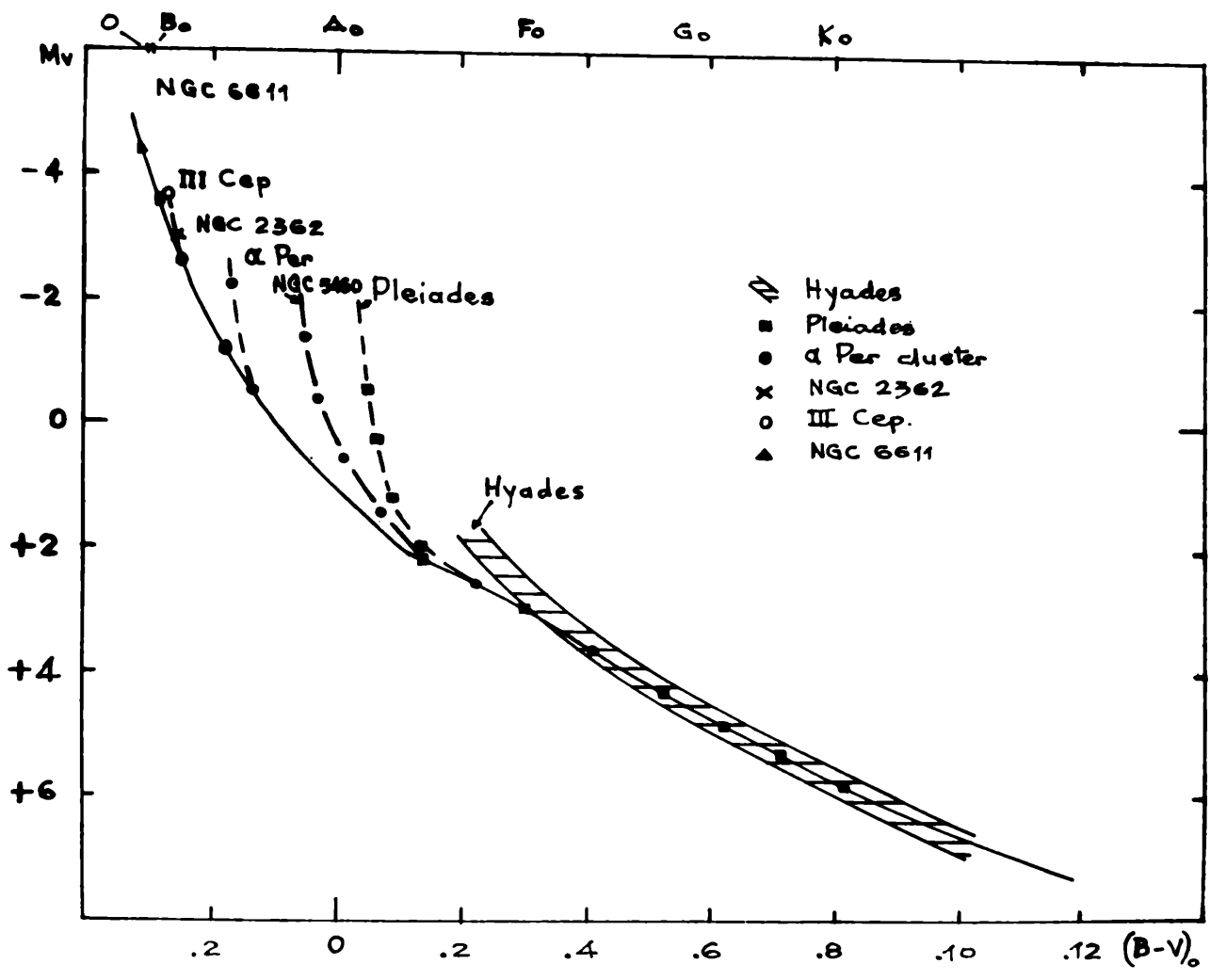


Fig. 4 — Posición de NGC 5460 en la secuencia principal de edad cero.

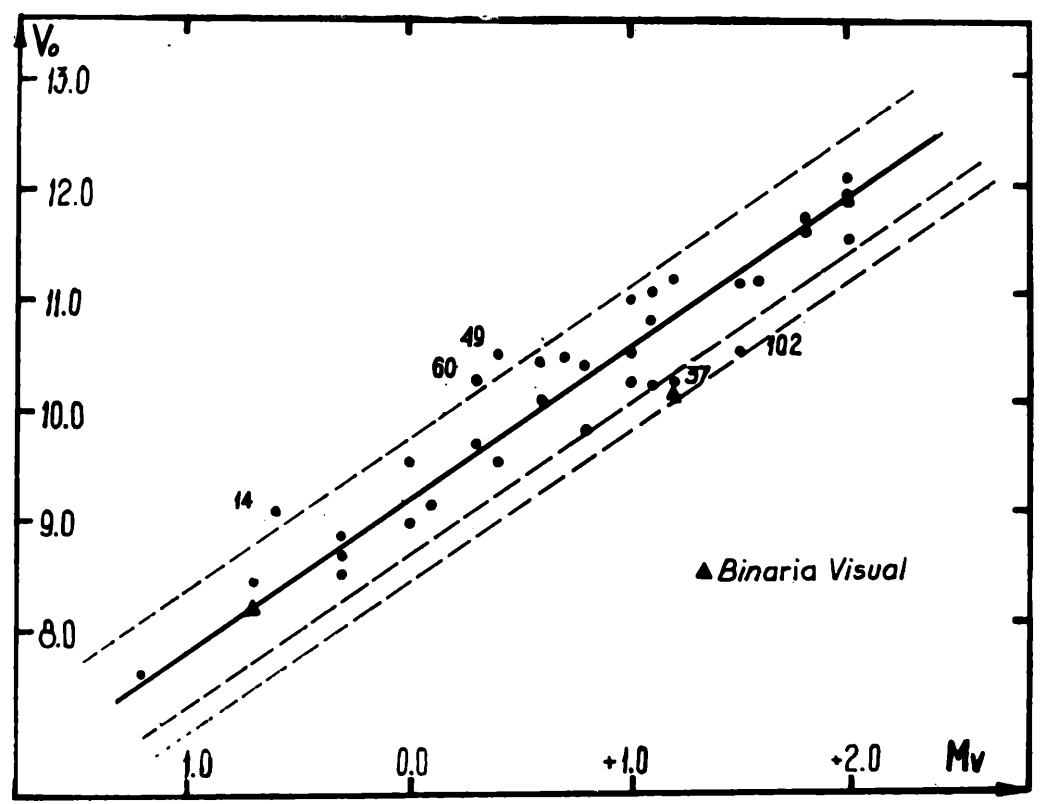


Fig. 5 — Diagrama ( $V_0$ ,  $M_v$ ) para NGC 5460.