

ESTUDIO ESPECTROSCÓPICO Y FOTOMETRICO
DEL CUMULO ESTELAR EN COMA BERENICES

Eugenio E. Mendoza V.

Introducción.—Johnson y Knuckles (1955) encontraron, a partir de observaciones fotoeléctricas, que las estrellas F y G de Coma Berenices tienen un exceso ultravioleta de 0.035 mag. respecto a estrellas similares de las Hyadas. Strömberg (1958) encontró, a partir de medidas de *índice-m* que cuatro estrellas F de Coma Berenices tienen un *índice-m* menor que cinco estrellas F de las Hyadas, cinco F de las Pléyadas y ocho F de Praesepe. Ambos resultados se interpretan diciendo que las estrellas F y G de Coma tienen una deficiencia metálica al compararse con estrellas similares de las Hyadas, y que quizás la edad de Coma podría ser mayor que la de las Hyadas.

Por otra parte Sandage y Eggen (1959) encontraron, usando diagramas compuestos en el plano (B-V, M_v) que la edad de Coma Berenices es 2×10^8 años menor que la de las Hyadas. Estos autores, al suponer que la abundancia de elementos pesados del material pre-estelar no aumenta uniformemente con el tiempo desde la formación de la galaxia, excluyen como criterio para determinar la edad de Coma, su contenido metálico.

El presente trabajo es una investigación basada en materiales espectroscópicos y fotoeléctricos combinados, que tienen por objeto investigar hasta qué punto las peculiaridades espectroscópicas y fotoeléctricas nos puedan aclarar con una mayor precisión la edad de Coma Berenices.

Descripción de las Observaciones.—La presente investigación se basa en un estudio espectroscópico y fotoeléctrico de cincuenta y cuatro estrellas tomadas de las listas de Trumpler (1938). De estas estrellas, treinta y siete son miembros físicos del cúmulo galáctico en Coma Berenices, seis son miembros probables y las once restantes fueron elegidas por haberseles medido velocidades radiales (véase Fehrenbach, 1956). El material de observación obtenido es el siguiente:

a) Cuarenta y un espectrogramas de estrellas consideradas como posibles miembros de Coma Berenices, fueron tomados con el espectrógrafo uniprismático del refractor de cuarenta pulgadas del Observatorio de Yerkes, usando las emulsiones Eastman-Kodak 103a-0 y IIa-0. La dispersión es alrededor de 125Å/mm en H γ . Los espectros se obtuvieron en los años de 1955 y 1956. Estas estrellas fueron observadas fotoeléctricamente en el sistema (U, B, V) por Johnson y Knuckles (1955).

b) Los espectrogramas correspondientes a las restantes trece estrellas fueron tomados con el espectrógrafo nebuloso (rejilla de difracción y cámara Schmidt f/0.8) del reflector de cuarenta pulgadas del Observatorio Astronómico Nacional U. N. A. M., usando la emulsión Eastman-Kodak 103a-0. La dispersión es alrededor de 260Å/mm. Los espectros se obtuvieron en 1963.

Los tipos espectrales y las clases de luminosidades de estos cincuenta y cuatro objetos se asignaron de acuerdo con el criterio revisado de Yerkes (tipo MK), descrito por Morgan (véase Johnson y Morgan, 1953).

c) Las observaciones fotoeléctricas de las cincuenta y cuatro estrellas, bajo estudio, se hicieron en el sistema (U, B, V, R, I) de Johnson (1963) y Johnson y Mitchell (1962). Las magnitudes U, B y V se midieron con un fotomultiplicador RCA 1P21. Las magnitudes B, V, R e I se midieron con un fotomultiplicador RCA 7102. La celdilla infrarroja se empleó primero hasta obtener un mínimo de tres observaciones por estrella, en tres noches diferentes. Posteriormente se utilizó la celdilla azul lográndose dos observaciones sobre cada objeto, a excepción de tres estrellas que se observaron todas las noches en que se trabajó con la 1P21 (véanse las notas a la Tabla I). Todas las observaciones fotoeléctricas se hicieron con el reflector de cuarenta pulgadas del Observatorio Astronómico Nacional, U. N. A. M. y un fotómetro digital diseñado por Johnson. Las observaciones fueron reducidas por el señor Richard I. Mitchell.

d) Con la Cámara Schmidt del Observatorio de Tonantzintla y su prisma objetivo se obtuvieron dos placas rojas en emulsión Eastman-Kodak 103a-E y filtro Wratten No. 26. La primera fué tomada en 1958 con una exposición de noventa minutos; la segunda en 1962 con 180 minutos de exposición.

e) Con la misma Cámara Schmidt se obtuvieron veintidós placas directas en emulsión Eastman-Kodak 103a-0 en 1963. Veinte de ellas fueron tomadas en dos noches continuas. En cada placa se hicieron cuatro exposiciones de diez minutos cada una. Este material forma parte del programa de variables rápidas que se está llevando a cabo en Tonantzintla desde hace varios años, sobre asociaciones estelares y cúmulos galácticos. Posteriormente se tomarán más placas similares sobre esta región.

Las veinticuatro placas obtenidas con la Cámara Schmidt cubren un área de veinticinco grados cuadrados y están centradas aproximadamente en $\alpha = 12$ hs 18 min. y $\delta = +26^\circ.5$ (1900.0).

Resultados de las Observaciones.—Los resultados de las observaciones fotoeléctricas y espectroscópicas se encuentran resumidos en la Tabla I. Las diferentes columnas de esta tabla dan: primera, el número de Trumpler; segunda, el número HR (véase Schlesinger y Jenkins, 1940); tercera, el tipo espectral MK; cuarta, la magnitud V; quinta, sexta, séptima y octava los índices de color (B-V), (U-B), (V-R) y (R-I), respectivamente; novena, el número de observaciones infrarrojas de cada estrella. Las notas a la Tabla I se encuentran al final de ésta. La estrella T146 se usó como único estándar fotoeléctrico del cúmulo. La transformación al sistema (U, B, V) de la estrella 146 es independiente de la que hicieron Johnson y Knuckles (1955). El valor (U-B) obtenido en Tonantzintla para esta estrella es -0.119 mag. y coincide con el valor de -0.118 dado por los autores anteriormente señalados.

TABLA I

Observaciones del cúmulo estelar en Coma Berenices

<i>Estrella</i>	<i>MK</i>	<i>V</i>	<i>B-V</i>	<i>U-B</i>	<i>V-R</i>	<i>R-I</i>	<i>n</i>
10 HR 4633	A3 V	6.03	+0.12	+0.11	+0.04	+0.07	4
19	F4 V	8.14	+0.40	-0.03	+0.24	+0.24	3
36	F3 V	8.15	+0.40	-0.04	+0.24	+0.26	3
49	F2 V	7.89	+0.37	+0.05	+0.19	+0.21	3
52	A5 V	7.46	+0.14	+0.06	+0.04	+0.08	3
53	F9 V	8.74	+0.51	+0.02	+0.34	+0.33	3
58	F9 V	8.83	+0.50	+0.01	+0.27	+0.31	3
60 HR 4684	A5 V	6.48	+0.17	+0.09	+0.08	+0.10	3
61	F0 V	7.75	+0.29	+0.06	+0.12	+0.18	3
62 HR 4685	Am	6.25	+0.18	+0.15	+0.04	+0.06	3
65	G0 V	9.02	+0.58	+0.04	+0.38	+0.35	3
68	A6 IV-V	6.69	+0.18	+0.09	+0.07	+0.11	3
70 HR 4694	F0 V	6.13	+0.30	+0.05	+0.18	+0.16	3
76	G0 V	9.07	+0.56	+0.03	+0.38	+0.33	3
79	A2 V	9.07	+0.12	+0.10	+0.02	+0.07	3
80	K0 V	8.05	+1.04	+0.94	+0.62	+0.56	4
82	A9 V	7.42	+0.28	+0.02	+0.14	+0.17	3
85	G1 V	9.29	+0.58	+0.06	+0.38	+0.35	3
86	F6 V	8.50	+0.46	-0.02	+0.25	+0.27	3
89	A0 V	6.18	-0.02	-0.05	-0.08	-0.01	3
90	F5 V	8.54	+0.47	-0.04	+0.27	+0.27	3
91 HR 4707	Comp.	4.78	+0.49	+0.27	+0.35	+0.37	4
92	F7 V	8.55	+0.50	0.00	+0.35	+0.32	3
97	F9 V	9.08	+0.57	+0.01	+0.35	+0.32	3
98	K1 III	7.40	+1.05	+0.94	+0.58	+0.57	3
99	F7 III	9.02	+0.47	-0.02	+0.31	+0.31	3
101	F5 V	8.35	+0.46	-0.03	+0.20	+0.26	3
102	G1 V	9.32	+0.61	+0.08	+0.40	+0.36	3
104	A8 V	6.70	+0.24	+0.05	+0.10	+0.15	3
107 HR 4717	A3 V	5.15	+0.08	+0.10	-0.02	+0.06	4
109 HR 4719	F0 V	6.39	+0.27	+0.07	+0.13	+0.14	3
111	F8 V	8.14	+0.51	-0.01	+0.29	+0.33	3
114	F8 V	8.56	+0.45	-0.05	+0.28	+0.27	6
118	F6 V	8.34	+0.44	-0.03	+0.23	+0.26	3
125 HR 4733	F0p	4.92	+0.25	+0.18	+0.16	+0.18	4
130 HR 4738	A4 V	4.95	+0.08	+0.13	-0.01	+0.06	3
132	G5 V	9.85	+0.67	+0.18	+0.42	+0.38	3
133	K5 V	8.23	+1.03	+0.89	+0.70	+0.57	3
135	K0 V	10.08	+0.92	+0.59	+0.59	+0.50	3
139	Am	6.67	+0.16	+0.09	+0.04	+0.09	3
140	A9 V	7.70	+0.27	+0.05	+0.12	+0.16	3
144 HR 4750	Am	6.52	+0.18	+0.10	+0.05	+0.10	3
145 HR 4751	Am	6.62	+0.21	+0.08	+0.07	+0.11	10
146 HR 4752	A0p	5.25	-0.05	-0.12	-0.06	-0.04	Std
150	G9 V	9.79	+0.78	+0.31	+0.55	+0.47	3
152	F5 V	7.84	+0.43	-0.04	+0.24	+0.25	3
160 HR 4766	A3p	5.44	+0.06	+0.10	-0.04	+0.01	5
162	F7 V	8.55	+0.48	-0.05	+0.25	+0.27	3
183 HR 4780	A4 V	6.27	+0.11	+0.09	-0.01	+0.06	3
A3	G9 V	10.77	+0.85	+0.56	+0.55	+0.47	6
A13	K0 V	10.47	+0.76	+0.38	+0.52	+0.44	6
A14	G4 V	10.00	+0.79	+0.33	+0.54	+0.50	6
A19	G9 V	11.18	+0.82	+0.39	+0.52	+0.46	7
A21	G7 V	10.36	+0.81	+0.42	+0.54	+0.51	6

NOTAS TABLA 1

- 10 V. R. variable (W)
- 58 V. R. variable (W)
- 61 Nuevo miembro probable.
- 62 Línea K (Ca II): A5; serie de Balmer: A7; líneas metálicas: F0; 8 Com.
- 65 V. R. variable? (W)
- 68 Am (W)
- 82 Am (W)
- 89 Nuevo miembro probable
- 91 Binaria espectroscópica (W). (T); F8:p (W); gF4 + A (T).
Los espectros del presente trabajo dan: G2III + A4V.
Cesco y Sahade (1944) en espectrogramas del Observatorio de McDonald midieron dos velocidades distintas; una la dió la línea K, la otra el resto de las líneas. La combinación de magnitudes absolutas de G2III con A4V (Keenan y Morgan, 1951) está de acuerdo con el módulo de distancia del cúmulo. Sus colores también están de acuerdo con la técnica de Bahng (1958), para analizar individualmente las componentes de espectros compuestos, a partir de fotometría multicolor. 12 Com.
- 97 V. R. variable (W)
- 99 Tipo espectral de Trumpler.
- 104 Am (W)
- 107 Ap (W); 13 Com.
- 109 Binaria visual (T)
- 111 Binaria ADS 8539
- 125 Envoltente (W); 14 Com.
- 130 A4p (W); 16 Com.
- 133 Variable? (T)
- 139 Línea K: A3; serie de Balmer A7; líneas metálicas: F0
- 140 Nuevo miembro probable.
- 144 Binaria espectroscópica (W). Línea K: A2; serie Balmer: A7; líneas metálicas: F0.
- 145 Línea K: A2; serie de Balmer A7; líneas metálicas: F0. Observada 10 noches en sistema (U, B, V).
- 146 Espectro variable (W). Espectro como 78 Vir. 17 Com.
- 152 Nuevo miembro probable.
- 160 Conspicuo SrII (W). Espectro variable (W). 21 Com.
- 183 22 Com.
- A19 Observada 7 noches en (U, B, V).
- (T) Trumpler (1938).
- (W) Weaver (1952).

Entre los miembros físicos del cúmulo Coma Berenices se encontraron: cuatro estrellas metálicas, tres peculiares, un espectro compuesto (G2III + A4V) y una estrella de luminosidad IV-V. Al mismo tiempo por sus características espectroscópicas y fotométricas se encontraron cuatro nuevos miembros probables. La relación entre magnitud aparente y tipo MK se exhibe gráficamente en la *Figura 1*.

Los errores medios de las observaciones fotoeléctricas se encuentran resumidos en la Tabla 2. Las columnas de la Tabla 2 dan: primera, el error medio de las magnitudes V; segunda, tercera, cuarta y quinta, los errores medios de los índices de color (B-V), (U-B), (V-R) y (R-I), respectivamente; sexta, el rango en las magnitudes V en que son válidos estos errores.

TABLA 2

Errores medios (mag.) de las observaciones fotoeléctricas en Coma Berenices.

V	B-V	U-B	V-R	R-I	Rango
± 0.012	± 0.009	± 0.013	± 0.011	± 0.007	≤ 9.5
± 0.022	± 0.020	± 0.024	± 0.017	± 0.013	> 9.5

Ya que el índice de color (B-V) está medido con dos fotomultiplicadores diferentes es de interés comparar ambas observaciones. Esta comparación se muestra gráficamente en la *Figura 2*. Los valores medidos con la celdilla RCA 7102 son los obtenidos en Tonantzintla; los valores medidos con la celdilla RCA 1P21 son los dados por Johnson y Knuckles (1955). Prácticamente en esta gráfica no se nota ninguna diferencia sistemática.

Las características fotométricas de las estrellas bajo estudio se ilustran en las *Figuras 3, 4, 5 y 6*.

Los resultados con la Cámara Schmidt fueron negativos en el sentido de que no se encontró ninguna estrella con H α en emisión, ni tampoco se encontraron variables rápidas del tipo descubierto con la misma Cámara y misma técnica en la Nebulosa de Orión (Haro y Morgan, 1953; Haro y Chavira, 1955), en la región del Toro (Haro y Rivera, 1954) y las Pléyadas (Haro, 1963). Sin embargo se considera que no es significativo que en el presente material no se hayan encontrado variables rápidas en Coma, ya que por ejemplo, en material similarmente limitado en Orión y en las Pléyadas algunas veces también los resultados han sido negativos. Es necesario un mayor número de placas en la región de Coma, para decidir si existen o no variables rápidas.

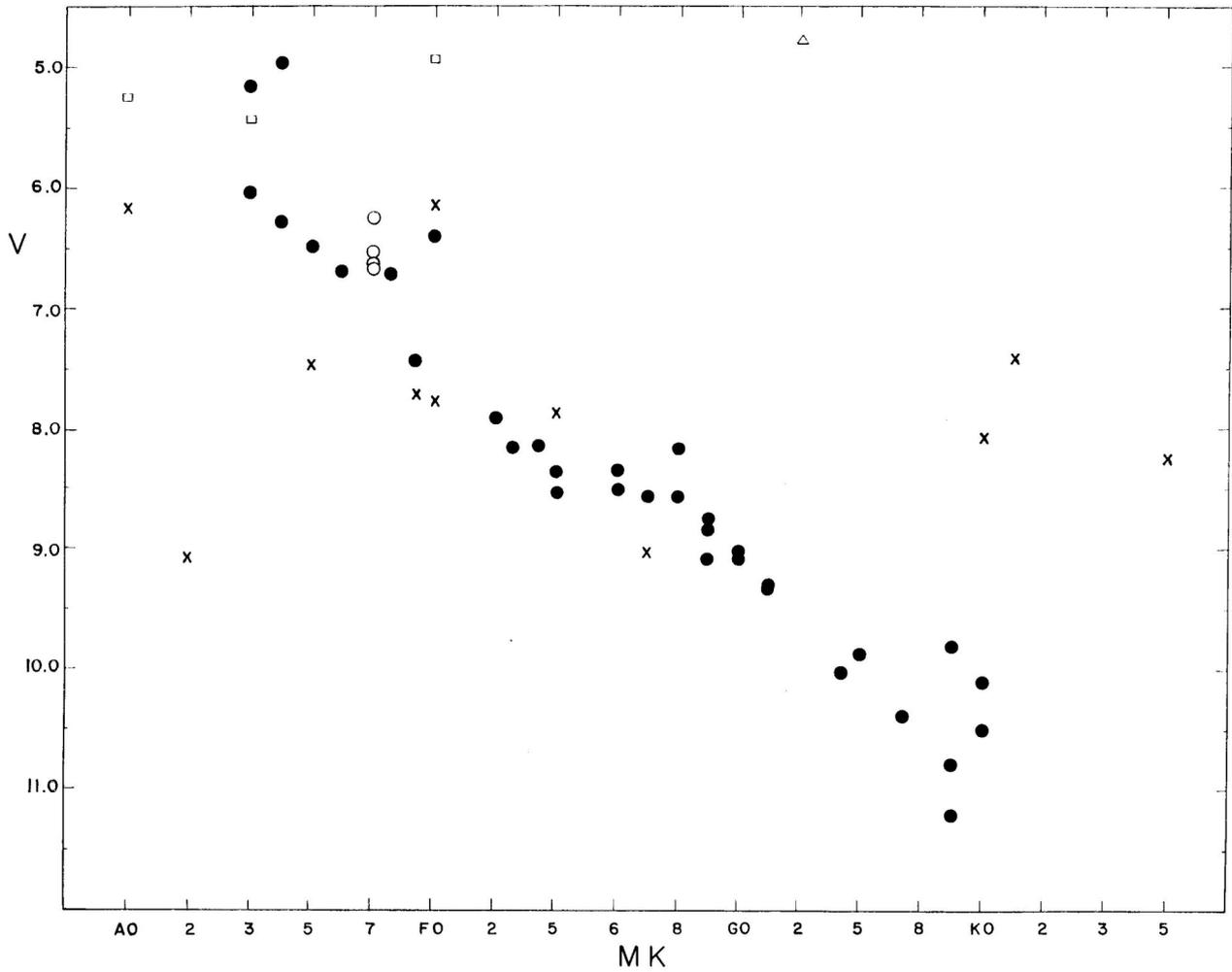


Figura 1.—DIAGRAMA DE HERTZPRUNG-RUSSELL PARA COMA BERENICES. Los símbolos en la figura representan: círculos llenos, miembros físicos, según Trumpler (1938); círculos, estrellas metálicas; cuadrados, estrellas peculiares; triángulo, espectro compuesto; cruces, el resto de las estrellas de la Tabla 1. Las abscisas dan el tipo MK y las ordenadas las magnitudes V. Nótese cómo al final la secuencia principal no es muy compacta.

El módulo de distancia de Coma Berenices derivado de la Tabla 1 y de la calibración de Keenan y Morgan (1951) es igual a 4.5 mag. Sandage y Eggen (1959), después de corregir por diferencias entre las secuencias principales de Coma y las Hyadas, obtuvieron un valor de 4.48 como módulo de distancia de Coma.

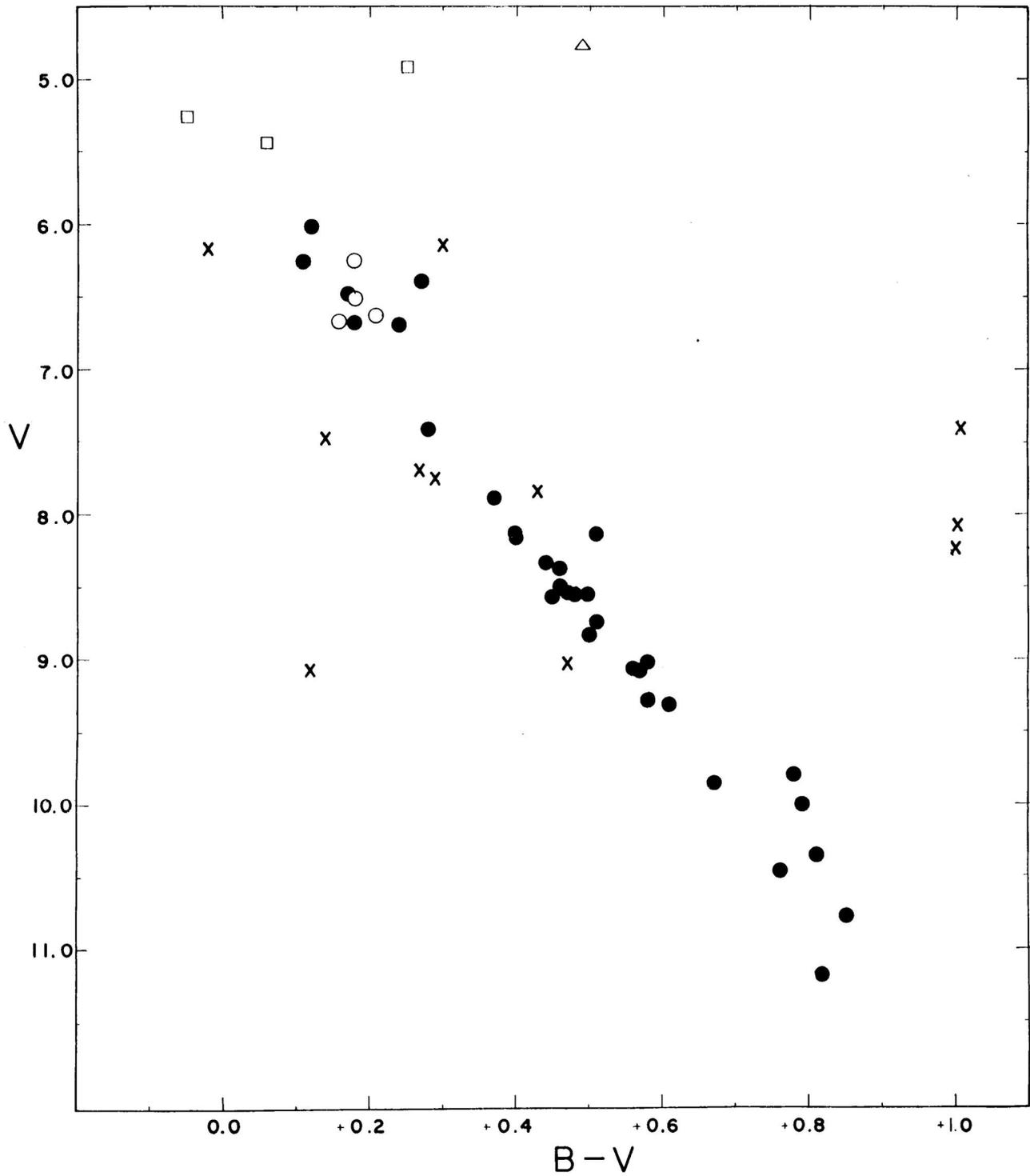


Figura 3.—DIAGRAMA MAGNITUD-INDICE DE COLOR PARA COMA BERENICES. Los símbolos en la figura son los mismos que en la Figura 1. Las abscisas dan el índice de color ($B - V$) y las ordenadas las magnitudes V . Nótese la gran similitud con la Figura 1. Eggen (1957) de un estudio de estrellas brillantes de la vecindad solar, encontró que las estrellas Am caen sistemáticamente arriba de la secuencia principal entre 0.4 y 1.0 mag. Este efecto no se ve claramente en esta figura. Nótese que las estrellas peculiares caen arriba de la secuencia principal.

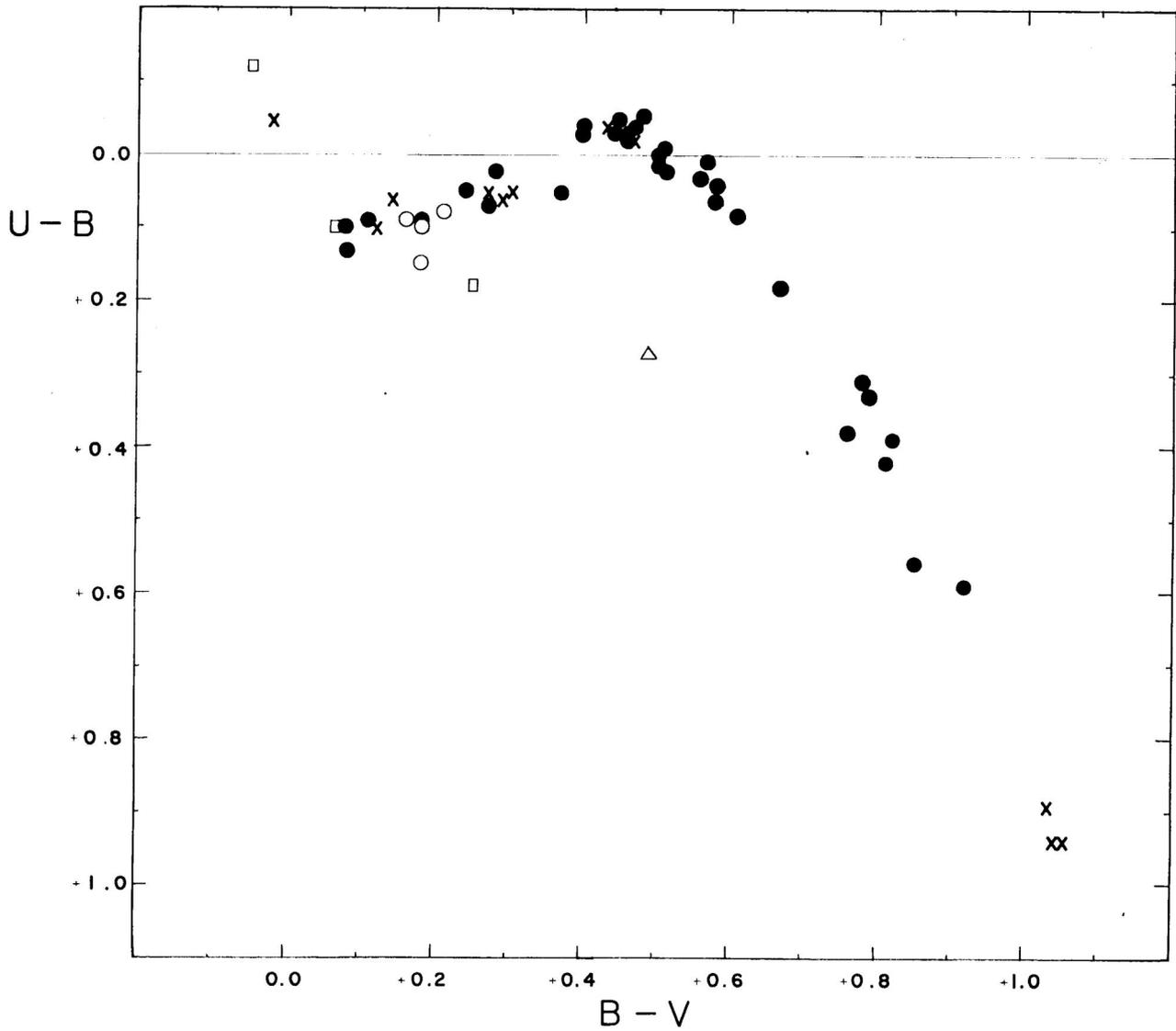


Figura 4.—LA RELACION ENTRE $(B - V)$ y $(U - B)$ DE LAS ESTRELLAS DE LA TABLA 1. Los simbolos en esta figura son los mismos que en la Figura 1. Las abscisas dan el indice de color $(B - V)$ y las ordenadas el indice de color $(U - B)$. Bidelman (1956) y Osawa (1958) encontraron que en el diagrama $(B - V, U - B)$ las estrellas Am caen debajo de la secuencia principal. Esto se nota ligeramente en la figura. El trabajo de Osawa (1959) sobre las estrellas A indica que las estrellas peculiares A no tienen una deficiencia en $(U - B)$. La estrella F0p de la Tabla 1 si cae debajo de la secuencia principal como lo hacen las estrellas gigantes. Nótese asimismo el lugar del espectro compuesto.

Exceso ultravioleta en Coma Berenices.—Los resultados espectroscópicos y fotoeléctricos combinados del cúmulo estelar en Coma Berenices, se han usado para determinar el exceso $(U-B)$ de cada tipo espectral con respecto a los mismos tipos espectrales de los cúmulos de las Hyadas, de las Pléyadas y de Praesepe. Los índices de color $(U-B)$, para estos tres últimos cúmulos galácticos han sido medidos por Johnson y Knuckles (1955), Johnson y Mitchell (1958) y Johnson (1952), respectivamente. La clasificación espectral ha sido hecha por Titus y Morgan (1940), Mendoza (1956) y Bidelman (1956), respectivamente. El índice de color $(U-B)$ observado en las Pléyadas ha sido corregido por absorción interestelar (véase Mendoza, 1956).

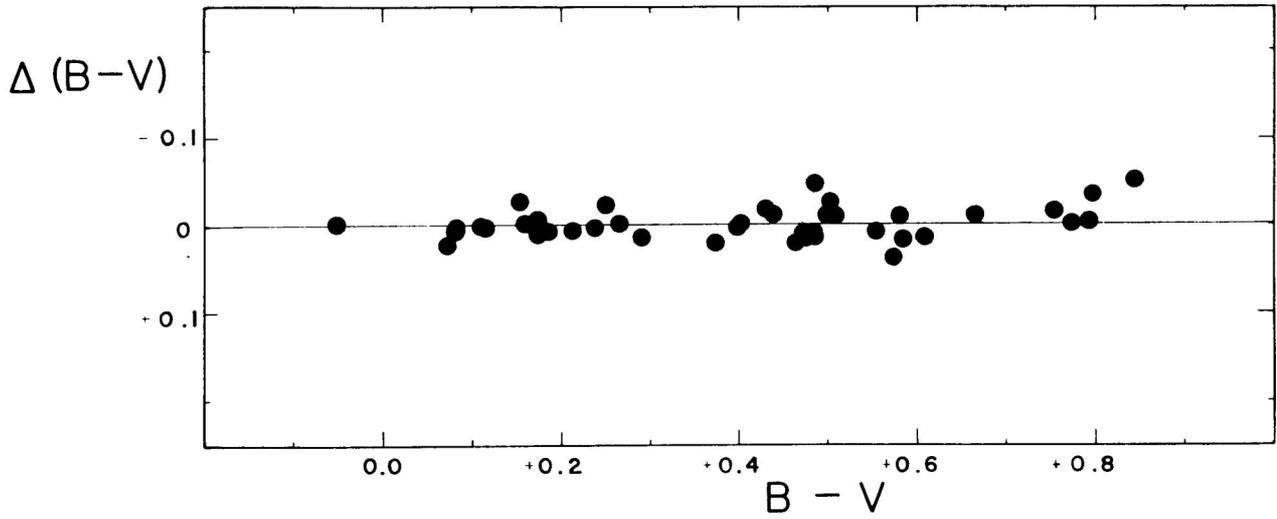


Figura 2.—COMPARACION ENTRE LA FOTOMETRIA DE JOHNSON-KNUCKLES CON LA PRESENTE. Las abscisas dan el $(B - V)$ observado con el fotomultiplicador RCA 7102 y las ordenadas la diferencia de $(B - V)_{7102}$ y $(B - V)_{1p21}$ (Véase texto).

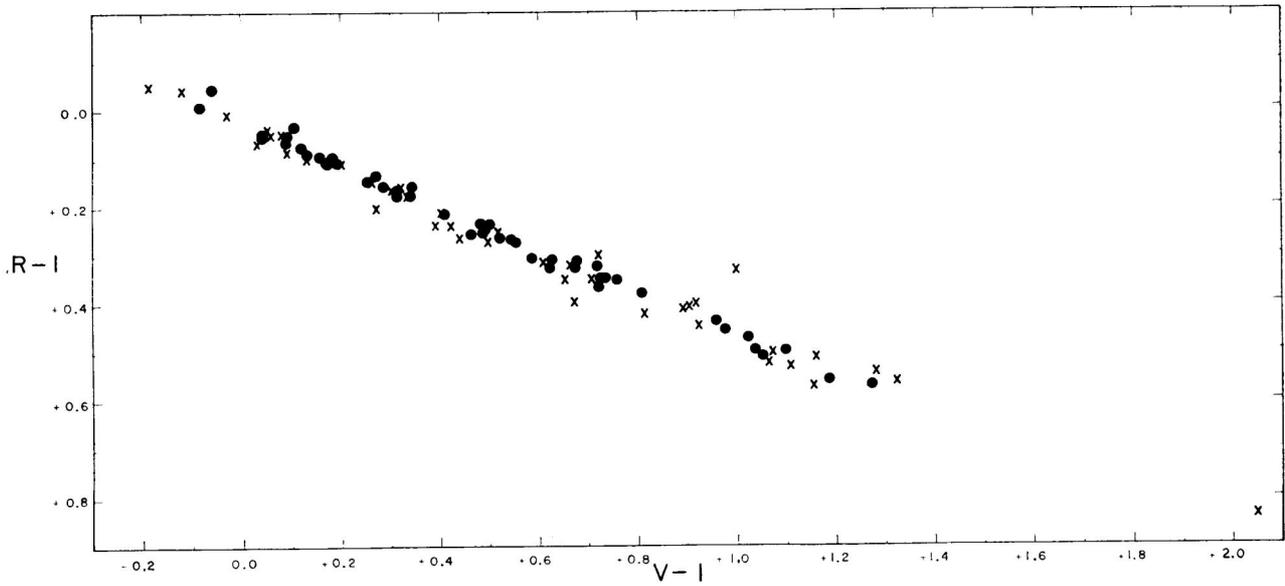


Figura 5.—RELACION ENTRE $(V - I)$ y $(R - I)$. Los símbolos de la figura representan: círculos, estrellas de la Tabla 1; cruces, estrellas de la vecindad solar de la secuencia principal en su gran mayoría. Las abscisas dan el índice de color $(V - I)$ y las ordenadas el índice de color $(R - I)$.

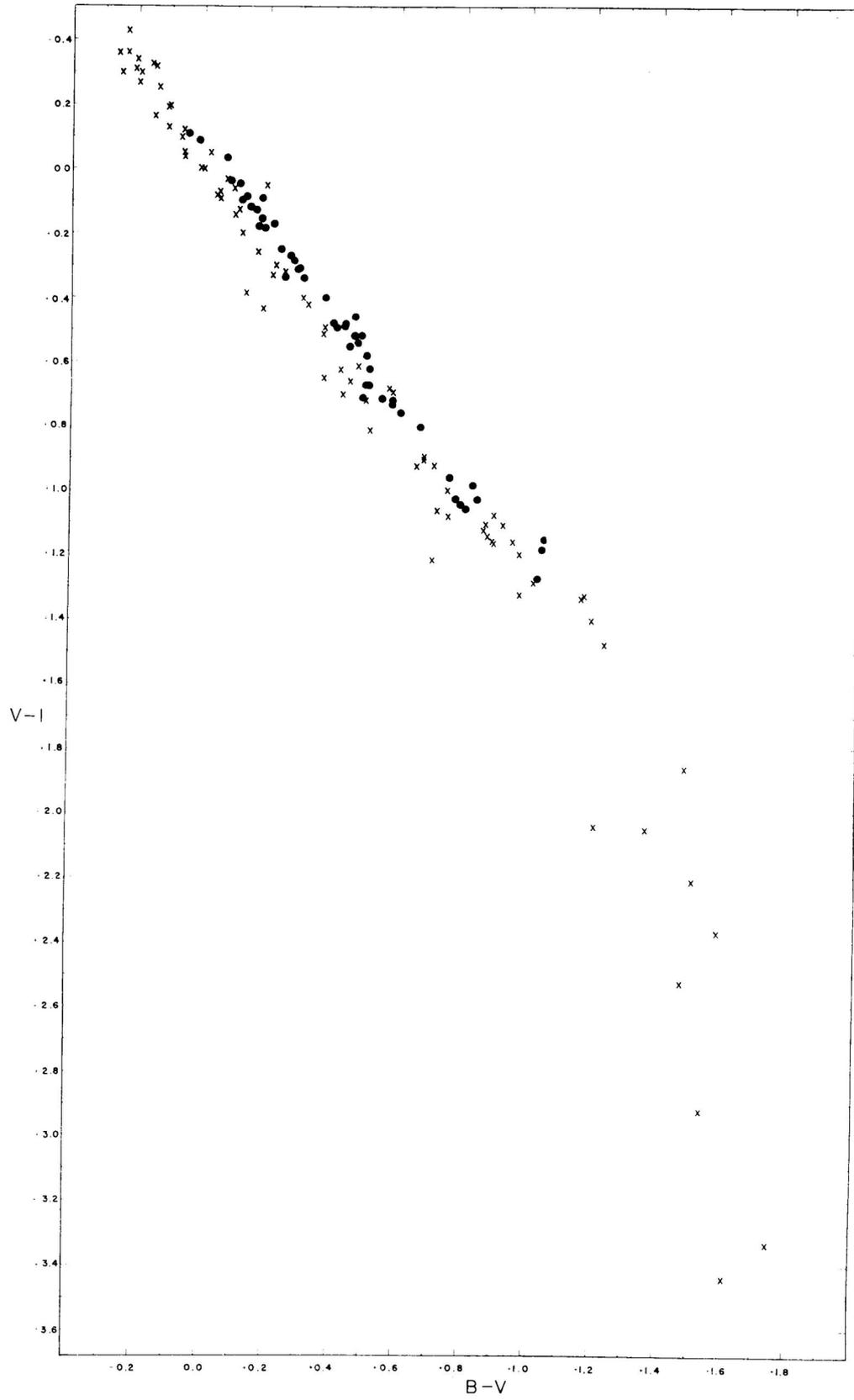


Figura 6.—RELACION ENTRE $(B - V)$ y $(V - I)$. Los símbolos de la figura representan: círculos, estrellas de la Tabla 1; cruces, estrellas de la vecindad solar. Las abscisas dan el índice de color $(B - V)$ y las ordenadas el índice de color $(V - I)$.

El índice de color (U-B) asignado a una clase espectral en un cúmulo, es el dado por el valor (U-B) promedio de todas las estrellas del cúmulo con el mismo tipo espectral. Los resultados de estos promedios para los cúmulos Coma Berenices, las Hyadas, las Pléyadas y Praesepe se encuentran resumidos en la Tabla 3. Las columnas de la Tabla 3 dan: primera, los tipos espectrales; segunda, tercera, cuarta y quinta los valores (U-B) para Coma, las Hyadas, las Pléyadas y Praesepe, respectivamente.

TABLA 3

Indices de color (U-B) de cuatro cúmulos galácticos

MK	Coma	Hyadas	Pléyadas	Praesepe
A0	- 0.09	-----	- 0.01	-----
A1	-----	+ 0.06	+ 0.02	+ 0.02
A2	-----	-----	+ 0.06	-----
A3	+ 0.10	-----	+ 0.08	-----
A4	+ 0.11	-----	+ 0.06	-----
A5	+ 0.08	+ 0.12	+ 0.12	+ 0.09
A6	+ 0.09	+ 0.12	-----	+ 0.14
A7	-----	+ 0.11	+ 0.08	+ 0.10
A8	+ 0.05	+ 0.08	+ 0.09	-----
A9	+ 0.04	-----	+ 0.06	+ 0.10
F0	+ 0.06	+ 0.11	-----	+ 0.09
F2	+ 0.05	+ 0.06	+ 0.03	+ 0.06
F3	- 0.04	+ 0.06	+ 0.02	+ 0.01
F4	- 0.03	+ 0.03	0.00	+ 0.01
F5	- 0.04	0.00	0.00	+ 0.01
F6	- 0.03	+ 0.01	+ 0.04	0.00
F7	- 0.02	-----	-----	+ 0.02
F8	- 0.03	+ 0.03	+ 0.08	-----
F9	+ 0.01	+ 0.08	+ 0.09	-----
G0	+ 0.04	+ 0.08	+ 0.11	-----
G1	+ 0.07	-----	-----	-----
G2	-----	+ 0.13	-----	-----
G4	+ 0.33	+ 0.24	-----	-----
G5	+ 0.18	-----	-----	-----
G6	-----	-----	+ 0.29	-----
G7	+ 0.42	-----	-----	-----
G8	-----	+ 0.74	-----	-----
G9	+ 0.42	-----	-----	-----
K0	+ 0.49	-----	-----	-----

Con ayuda de la Tabla 3 se puede calcular el exceso de radiación ultravioleta de Coma con respecto a la radiación ultravioleta de los otros tres cúmulos, arriba mencionados. Este cálculo se encuentra resumido en la Tabla 4. Las columnas de la Tabla 4 dan: primera, los tipos espectrales; segunda, tercera y cuarta las diferencias de (U-B) entre Coma y las Hyadas, Coma y las Pléyadas, Coma y Praesepe, respectivamente. Al final de la Tabla 4 se dan los valores promedios de estas diferencias. En la formación de la Tabla 4 sólo se escogieron los tipos de A5 a G0; debido a que son pocas las estrellas más tempranas que A5, sus espectros tienen escasas líneas metálicas y su índice de color (U-B) podría estar afectado por el continuo de Balmer; los tipos espectrales más tardíos que G0 son también muy limitados y sus errores medios fotométricos son mayores. Fácilmente se advierte en la Tabla 4 que las estrellas de Coma radian 0.05 mag. más ultravioleta que las estrellas de las Hyadas y de las Pléyadas. También se nota en esta Tabla que las estrellas de Coma tienen un exceso ultravioleta de 0.04 mag. con respecto a las estrellas de Praesepe. Estos resultados se ilustran gráficamente en las Figuras 7, 8 y 9, en donde se han colocado los valores individuales (U-B). También en estas figuras se advierte que las estrellas no comprendidas entre A5 y G0 tienen un pequeño exceso ultravioleta —en el promedio.

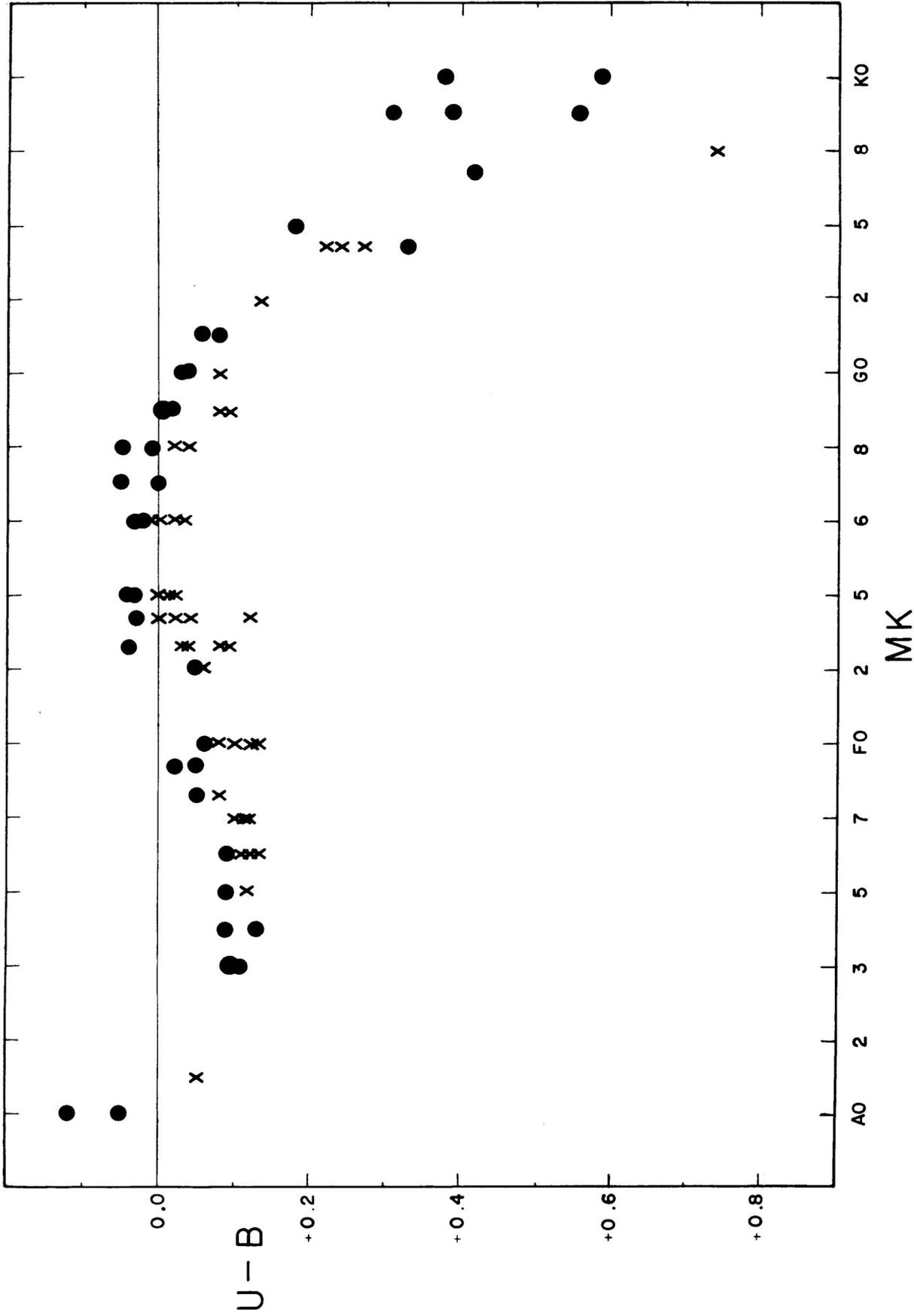


Figura 7.—RELACION ESPECTRO-COLOR. Las abscisas dan el tipo espectral y las ordenadas el índice de color ($U - B$) para las Hyadas (cruces) y los miembros físicos de Coma Berenices (círculos). Las estrellas metálicas, peculiares y espectro-compuesto no aparecen en esta figura. Los símbolos más grandes denotan más de una estrella con las mismas coordenadas. Nótese que las Hyadas caen debajo de las de Coma (véase texto).

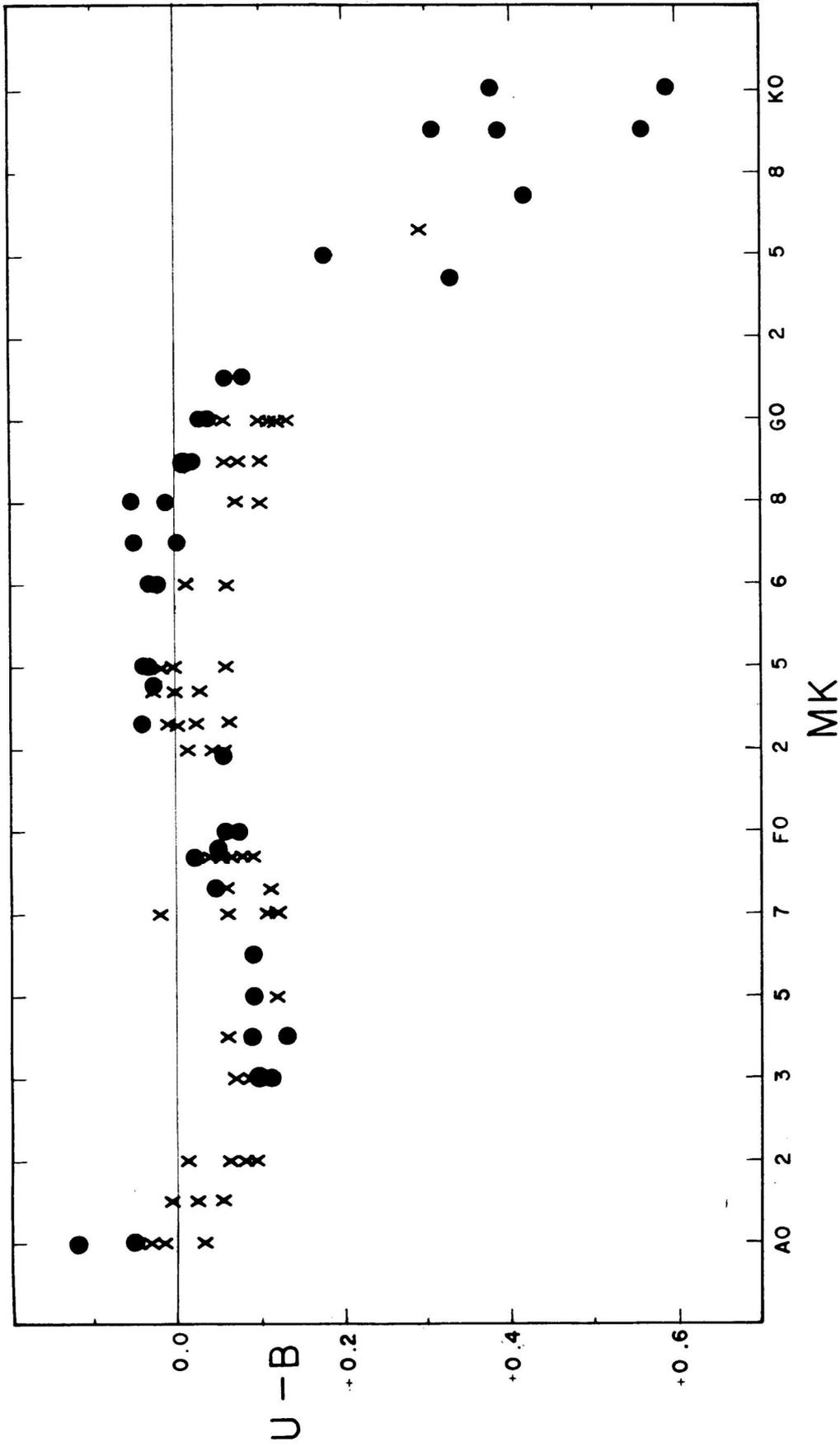


Figura 8.—RELACION ESPECTRO-COLOR. Las abscisas dan el tipo espectral y las ordenadas el índice de color (U - B), corregido por absorción para las Pleíadas (cruces) y para Coma Berenices (véase Fig. 7). Nótese que en el promedio las Pleíadas caen debajo de Coma.

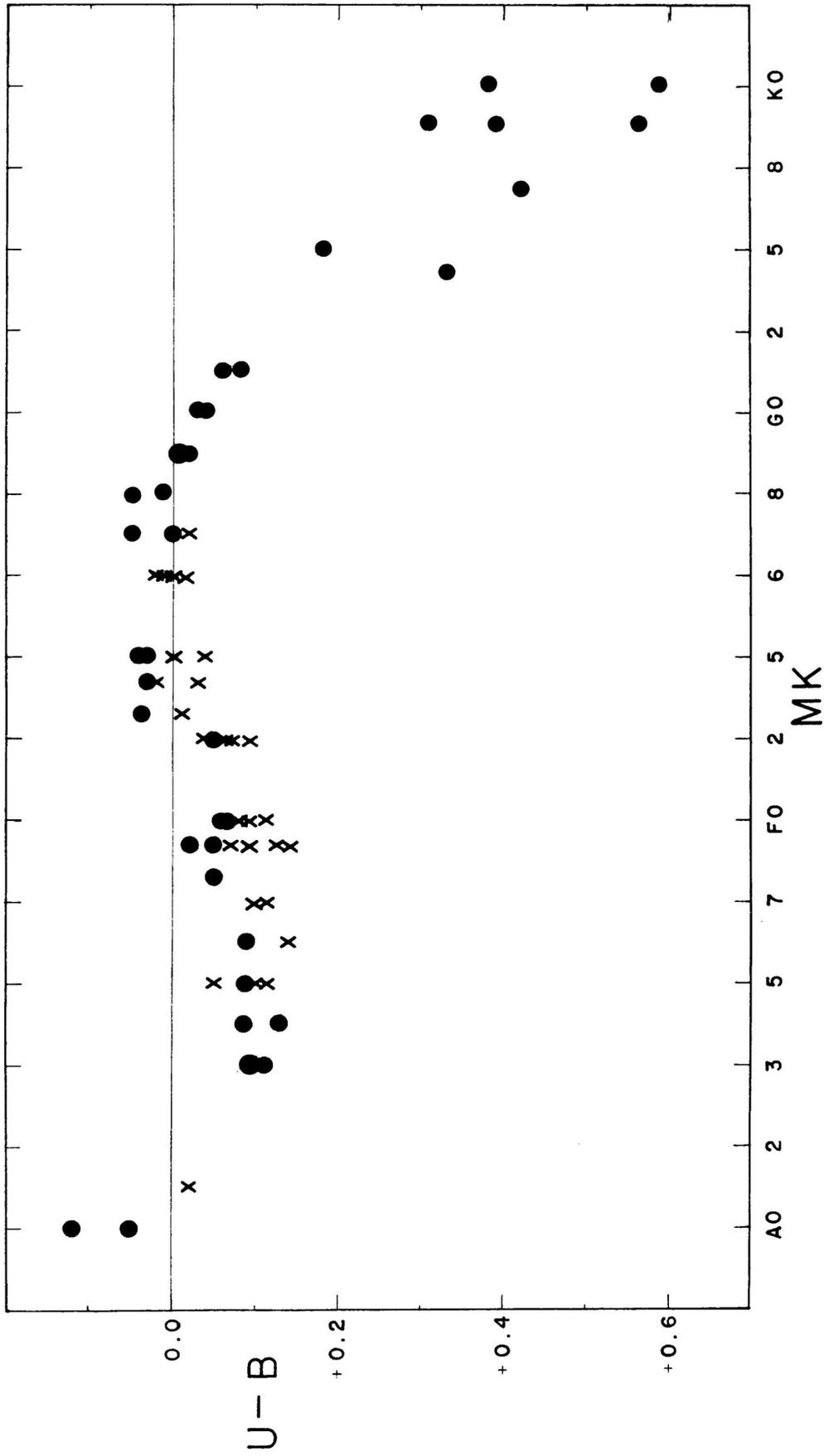


Figura 9.—RELACION ESPECTRO-COLOR. Las abscisas dan el tipo espectral y las ordenadas el índice de color (U — B) para Praesepe (cruces) y Coma Berenices (véase Fig. 7). Nótese que en el promedio Praesepe cae debajo de Coma.

TABLA 4

Excesos de índices de color (U-B) entre Coma y tres cúmulos galácticos

MK	Coma-Hyadas	Coma-Pléyadas	Coma-Praesepe
A5	- 0.04	- 0.04	- 0.01
A6	- 0.03	—	- 0.05
A8	- 0.03	- 0.04	—
A9	—	- 0.02	- 0.06
F0	- 0.05	—	- 0.03
F2	- 0.01	+ 0.02	- 0.01
F3	- 0.10	- 0.06	- 0.05
F4	- 0.06	- 0.03	- 0.04
F5	- 0.04	- 0.04	- 0.05
F6	- 0.04	- 0.07	- 0.03
F7	—	—	- 0.04
F8	- 0.06	- 0.11	—
F9	- 0.07	- 0.08	—
G0	- 0.04	- 0.07	—
Promedio	- 0.048	- 0.049	- 0.037

Conclusión.—Con base en los resultados espectroscópicos y fotométricos descritos en el presente trabajo, se puede llegar a las siguientes conclusiones preliminares:

a) Se confirmó la existencia de un exceso ultravioleta en el cúmulo estelar en Coma Berenices, cuando sus índices de color (U-B) se comparan con los índices de color (U-B) de estrellas, con los mismos tipos espectrales, pertenecientes a otros cúmulos galácticos.

b) Los índices de color (U-B) bajo discusión no están bien relacionados con las edades conocidas de las Hyadas, las Pléyades y Praesepe —véase Tabla 4. Por ejemplo, no se encontró ningún exceso ultravioleta entre las Hyadas y las Pléyadas y se sabe muy bien que las Hyadas tienen mayor edad que las Pléyadas; también en la Tabla 4 se advierte un pequeño exceso ultravioleta entre las Pléyadas y Praesepe, a pesar de que Praesepe tiene mayor edad que las Pléyadas.

c) Las presentes observaciones fotoeléctricas no se pueden usar concluyentemente en la determinación de la edad de Coma Berenices, por no existir otros cúmulos galácticos observados en el sistema (U, B, V, R, I). Posteriormente se observarán en Tonantzintla más cúmulos en este sistema.

Agradecimiento.—Es un verdadero placer dar las gracias a las siguientes personas: Profr. Guillermo Haro por su gentileza en leer el manuscrito. Dr. H. L. Johnson por los datos del sistema (U, B, V, R, I), anteriores a su publicación y por su fotómetro digital. Sr. R. I. Mitchell por efectuar las reducciones fotoeléctricas. Prof. W. W. Morgan por su amable hospitalidad durante la estancia del autor en el Observatorio de Yerkes.

B I B L I O G R A F I A

Bahng, J. D. R., 1958, Ap. J. 128, 572.
 Bidelman, W. P., 1956, P. A. S. P. 68, 318.
 Cesco, C. U., and Sahade, J., 1944, Ap. J. 99, 317.
 Eggen, O. J., 1957, A. J., 62, 45.
 Fehrenbach, Ch., 1956, J. O., 39, 53.
 Haro, G., 1963, presentado en el simposio No. 20 de la U. I. A.
 Haro, G. y Chavira, E., 1955, B. T. T. N12, 3.
 Haro, G. and Morgan, W. W., 1953 Ap. J. 118, 16.
 Haro, G. y Rivera, L., 1954, B. T. T. N10, 14.
 Johnson, H. L., 1952, Ap. J. 116, 640.
 Johnson, H. L., 1963, Comunicación privada.
 Johnson, H. L., and Knuckles, C. F., 1955, Ap. J. 122, 209.
 Johnson, H. L., and Mitchell, R. I., 1958, Ap. J. 128, 31.
 Johnson, H. L., and Mitchell, R. I., 1962, Comm. Lunar & Planet. Lab. 1, 73.
 Johnson, H. L., and Morgan, W. W., 1953, Ap. J. 117, 313.
 Keenan, P. C., and Morgan, W. W., 1951, Astrophysics, ed. J. A. Hynek (New York; McGraw-Hill Book Co.) p. 12.
 Mendoza, E. E., 1956, Ap. J. 123, 54.
 Osawa, K., 1958, Pub. Astr. Soc. Japan 10, 102.
 Osawa, K., 1959, Ap. J. 130, 159.
 Sandage, A. R., and Eggen, O. J., M. N. 119, 278.
 Schlesinger, F., and Jenkins, L. F., 1940, Cat. bright stars (Yale Univ. Obs. Pub.).
 Strömberg, B., 1958, Stellar Populations (Specola Vaticana 5, 245).
 Titus, J., and Morgan, W. W., 1940, Ap. J. 92, 256.
 Trumpler, R. J., 1938, Lick O. B. 18, 167.
 Weaver, H. F., 1952, Ap. J. 116, 612.