

LA LEY DE EXTINCIÓN INTERESTELAR EN LAS PLEYADES

Eugenio E. Mendoza V.

Abstract

We have made (U, B, V, R, I, J, K) photometric observations on a reddened AO V star, which is a member of The Pleiades (Hz 371). These data have been interpreted in terms of the interstellar extinction law.

If we determine the ratio of total-to-selective absorption, $R = A_v/E_{(B-V)}$, from an extrapolation of the infrared observations to zero from K (Johnson and Borgman 1963), we find $R = 3.6$. If we determine this ratio from the relation between the apparent magnitude of a star, V, and the apparent magnitude corrected for interstellar absorption, V_0 , for a group of Pleiades having nearly the same spectral characteristics as Hz 371, for example, the B9.5 V — A1 V stars, we find $R = 4.2$. This result applies only to the extinction that is variable within the cluster. If there is general extinction between us and the Pleiades, our procedure will not detect it.

These values of the ratio of total-to-selective absorption, R, have been determined for only one star in the cluster.

Eggen's (1950) value of this ratio, from the comparison of Hz 371 with two cluster stars gives, approximately $R = 3.7$.

Johnson (1964b) has found from data both in Cepheus and NGC 2244 that the R obtained from the extrapolation of the infrared observations is dangerous. Such extrapolation leads to much too small a value of R. Our results indicate that in the direction of the Pleiades, to some extent, this is so. Thus, we may conclude that R is nearer to 4 than the "normal" value of 3. $R = 4.0$ will be the adopted value for this direction.

Sumario

Hemos hecho observaciones fotométricas en el sistema (U, B, V, R, I, J, K) de una estrella AO V, la cual es miembro de las Pléyades (Hz 371). Estos datos se han interpretado en términos de la ley interestelar de extinción.

Si el cociente de absorción total y selectiva, $R = A_v/E_{(B-V)}$, se determina de la extrapolación de las observaciones infrarrojas a cero, a partir del punto K (véase Johnson y Borgman, 1963), se encuentra que $R = 3.6$. Si este cociente se determina de la relación entre la magnitud aparente de una estrella, V, y la magnitud aparente corregida por extinción estelar, V_0 , para un grupo de Pléyades con aproximadamente las mismas características espectrales que Hz 371, por ejemplo las estrellas B9.5 V — A1 V, se encuentra que $R = 4.2$. Este procedimiento es aplicable sólo a la extinción existente dentro de Las Pléyades. La extinción general, si existiese entre nosotros y este cúmulo no es detectable con esta segunda técnica.

El cociente entre la absorción total y selectiva, R, lo hemos determinado a partir de un solo miembro de Las Pléyades.

Johnson (1964b) ha encontrado de material observacional en Cefeo y en NGC 2244 que la extrapolación de las observaciones infrarrojas es peligrosa. Tal extrapolación da valores de R menores. Nuestros resultados indican que tal cosa sucede en la dirección de Las Pléyades. Por lo tanto, podemos concluir que R está más cerca de cuatro que del valor "normal" tres. El valor de $R = 4.0$ es el adoptado por nosotros para esta dirección.

Introducción

En la actualidad existe suficiente evidencia observacional de que la ley de extinción interestelar no es constante —véase, por ejemplo, Johnson y Mendoza (1964).

Johnson y Borgman (1963) han encontrado que el cociente entre la absorción total y selectiva, $R = A_v/E_{(B-V)}$, varía entre 3.1 y 7.4 en diversas regiones del cielo. Consecuentemente, no debería usarse un valor promedio de R para todo el cielo.

Las Pléyades han servido de eslabón en la determinación de distancias fotométricas de cúmulos y asociaciones estelares. Por consiguiente, es muy deseable tener un conocimiento preciso de la ley de extinción interestelar en esta dirección.

Johnson y Morgan (1953) y Mendoza (1956) encontraron que la estrella HD 23512 (Hz 371), miembro de las Pléyades tiene un tipo espectral (MK) AO V y está enrojecida. Por lo tanto, la hemos elegido para el estudio de la extinción interestelar en esta región.

Las Observaciones

Se han hecho observaciones fotométricas (fotoeléctricas y fotoconductoras) en el sistema U, B, V, R, I, J, K) de Johnson (1964a) de un miembro de las Pléyades (Hz 371) usando el reflector de un metro de la Universidad Nacional Autónoma de México y dos fotómetros proporcionados por el Dr. H.

L. Johnson. Todas las observaciones se obtuvieron en 1964, consiguiéndose entre cinco y catorce mediciones (una por noche) de cada color. Las reducciones fueron efectuadas por el Sr. R. I. Mitchell.

Los resultados se encuentran en la Tabla 1.

T A B L A 1
La magnitud y colores de Hz 371

V	$(U-V)$	$(B-V)$	$(V-R)$	$(V-I)$	$(V-J)$	$(V-K)$
8.11	0.65	0.355	0.36	0.62	0.85	1.05

La Distribución de Energía Espectral en Hz 371

En una estrella AO V no enrojecida los índices de color son cero, por definición del sistema que estamos usando. La comparación directa de los colores observados en Hz 371 con los de una AO V no enrojecida nos da la distribución de energía espectral. Esta comparación se muestra en la Figura 1.

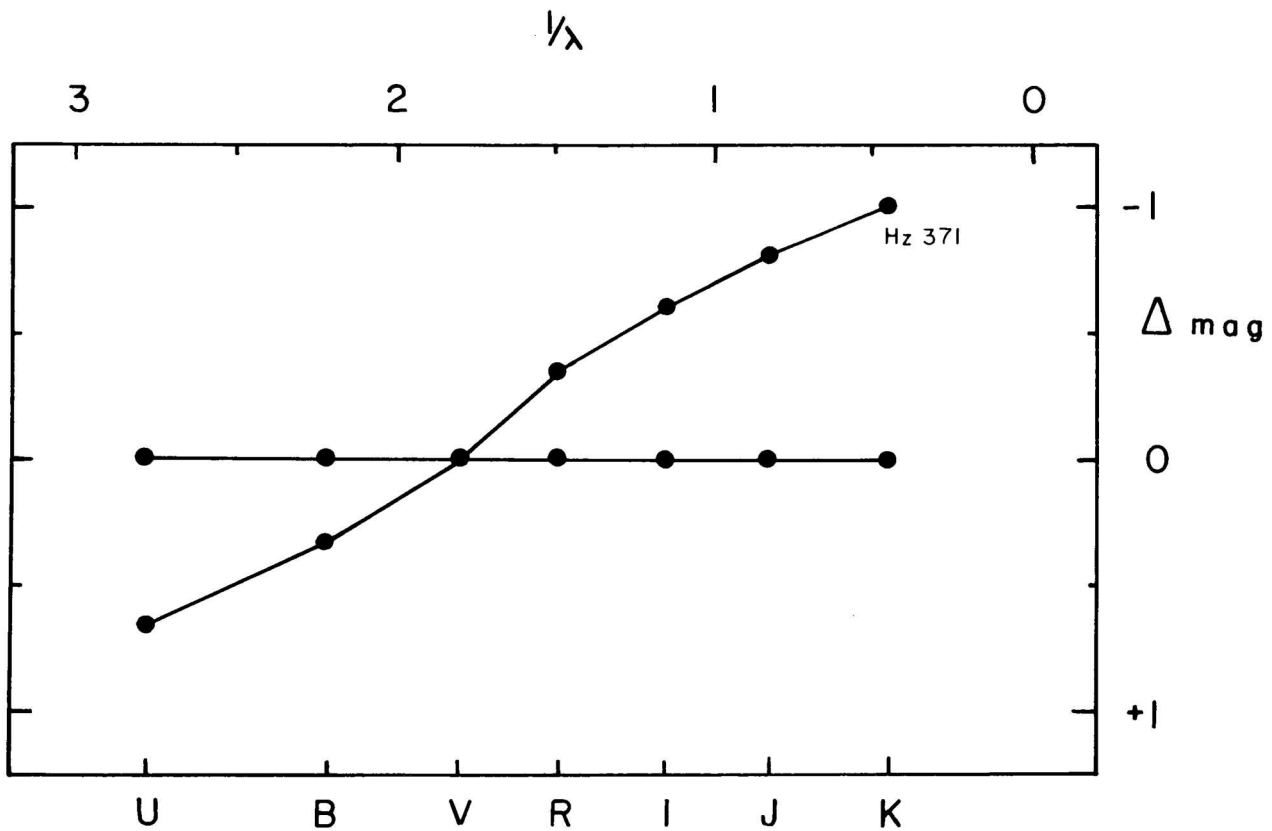


Figura 1.—Curvas de Distribución de Energía Espectral para Hz 371 y una estrella AO V no enrojecida (línea horizontal).

La Ley de Extinción Interestelar para Hz 371

A partir de la fotometría multicolor de Hz 371 y los colores intrínsecos de una estrella AO V, podemos investigar la extinción interestelar en Las Pléyades. Los resultados se encuentran en la Tabla 2. Las columnas de esta tabla dan cocientes de exceso de color; los numeradores son todos los diferentes excesos de color, calculados de la Tabla 1 y los denominadores son el exceso de color en $(B-V)$, $E_{(B-V)}$.

En la Figura 2 hemos graficado estos valores como círculos llenos. Arbitrariamente se han unido por segmentos de líneas continuas. El significado de las líneas punteadas se explicará en la siguiente sección.

T A B L A 2

La Ley de Enrojecimiento para Hz 371

$\frac{E_{(r-v)}}{E_{(b-v)}}$	$\frac{E_{(b-v)}}{E_{(b-v)}}$	$\frac{E_{(v-r)}}{E_{(b-v)}}$	$\frac{E_{(v-i)}}{E_{(b-v)}}$	$\frac{E_{(v-j)}}{E_{(b-v)}}$	$\frac{E_{(v-k)}}{E_{(b-v)}}$
1.83	1.00	1.01	1.75	2.39	2.96

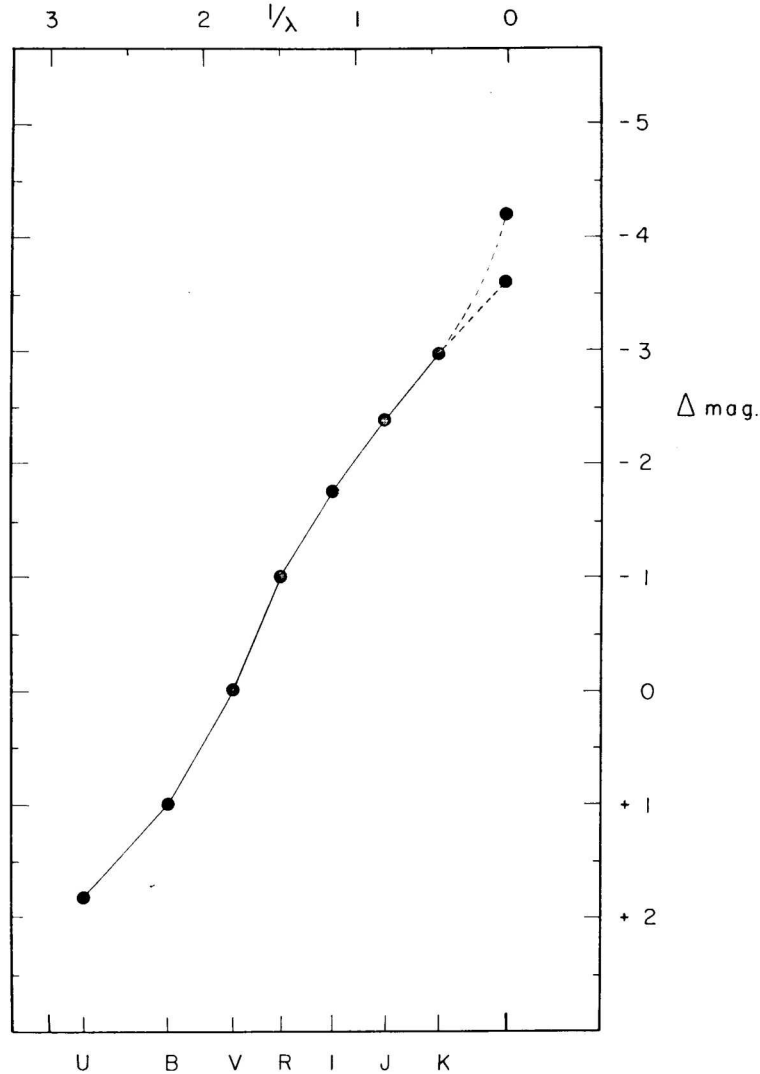


Figura 2.—Curva de Extinción Interestelar (normalizada para $E_{(b-v)} = 1.00$) para las Pléyades. Observaciones, línea continua. Extrapolación, líneas punteadas (véase texto).

El Cociente entre Absorción Total y Selectiva, R .

Es evidente de la Tabla 2 y de la Figura 2, que el cociente entre absorción total y selectiva, $R = A_v/A_{(b-v)}$ para las Pléyades es mayor que 3.0, valor "normal". Si extrapolamos las observaciones infrarrojas a $1/\lambda = 0$, a partir del punto K, según las curvas teóricas de van de Hulst (1949) y el trabajo de Johnson y Borgman (1963), encontramos que $R = 3.6$. Johnson (1964b), a partir de sus observaciones en Cefeo y en NGC 2244, encuentra que esta técnica de extrapolación da un valor de R mucho menor al verdadero.

El número total conocido de Pléyadas con tipos espectrales similares a Hz 371 (entre B9.5 y A1) es diez. La magnitud y el índice de color (B-V) de estas diez estrellas se dan en la Tabla 3. Las columnas de esta tabla dan: primera, el número de Hertzsprung (1923); segunda, el tipo MK (Mendo-

za, 1956); tercera y cuarta, la magnitud V y el índice de color $(B-V)$, respectivamente, obtenidos de una combinación de la fotometría de Johnson y Mitchell (1958) con datos no publicados del autor.

T A B L A 3
Pléyades B9.5 - A1

H_z	MK	V	$(B-V)$
216	A1 V	7.20	+0.156
248	A0 V	6.85	+0.045
371	A0 V	8.11	+0.355
436	B9.5 V	6.82	+0.022
508	A0 V	6.29	+0.015
510	A1 V	7.01	+0.028
540	A0 V	6.81	+0.066
742	A1 V	6.94	+0.128
910	B9.5 V	6.59	-0.026
1003	A0 V	6.77	+0.045

La relación entre la magnitud aparente de una estrella, V , y la magnitud aparente corregida por absorción interestelar, V_0 , es:

$$V_0 = V - RE_{(B-V)}$$

en donde $E_{(B-V)}$ es el exceso de color y $R = A_v/E_{(B-V)}$ es el cociente entre absorción total y selectiva.

Si suponemos que las estrellas de la Tabla 3 tienen aproximadamente las mismas características espectrales; entonces su dispersión en magnitud absoluta debe ser muy pequeña y como prácticamente están a la misma distancia, la magnitud aparente corregida por absorción interestelar, V_0 , es esencialmente la misma para todas estas estrellas.

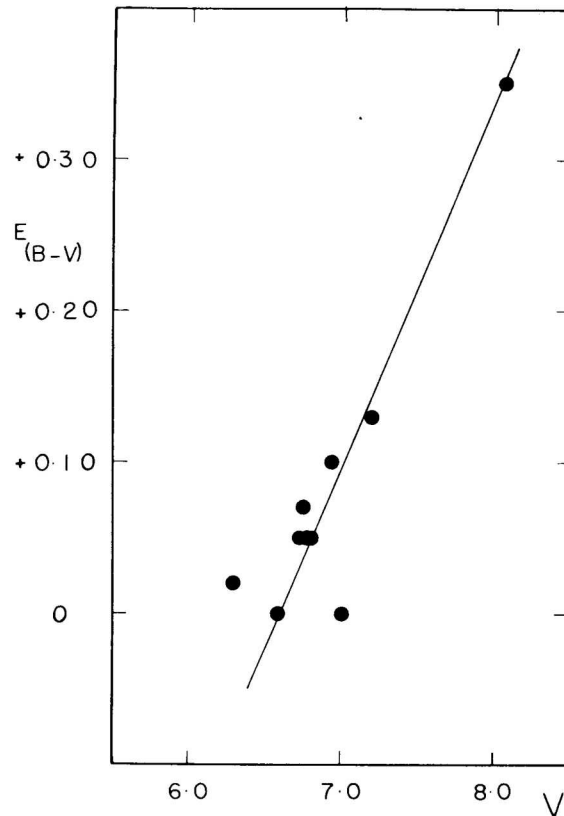


Figura 3.—La relación entre el exceso de color y la magnitud visual aparente para las estrellas B9.5V - A1V de Las Pléyades.

Las estrellas de la Tabla 3 y la relación entre V y V_0 nos permiten una determinación adicional de R . Esta puede obtenerse por mínimos cuadrados o simplemente comparando a Hz 371 con el promedio de las restantes estrellas de la Tabla 3 y suponiendo que este promedio es AO V con un índice de color igual al índice de color promedio de estas nueve estrellas. Ambos métodos dan prácticamente el mismo resultado. El valor numérico es $R = 4.2 \pm 0.2$ (error medio). Este procedimiento se ilustra gráficamente en la Figura 3.

Esta mayor R apoya las observaciones de Johnson (1964b) en Cefeo y NGC 2244 anteriormente mencionadas. En la Figura 2 hemos extrapolado la fotometría infrarroja a los puntos 3.6 y 4.2 (para $1/\lambda = 0$) por medio de líneas punteadas.

Eggen (1950) encontró a partir de la comparación de Hz 371 con las estrellas Hz 510 (A1 V) y Hz 1129 (A2 V), que el cociente entre la absorción total y selectiva, χ , es igual a 4.7. Johnson (1964b) ha transformado este valor al sistema usado por nosotros, encontrando que: $R = A_v/E_{(B-V)} \approx 3.7$; valor prácticamente igual al que se obtendría si se usasen Hz 510 y Hz 1129 en lugar de todas las estrellas de la Tabla 3.

Conclusión

Las observaciones (U, B, V, R, I, J, K) de Hz 371 las hemos interpretado en términos de extinción estelar. Las observaciones espectroscópicas y fotométricas no dan ninguna base para sospechar la existencia de una compañera de tipo tardío.

Los resultados de Johnson (1964b) indican que la extrapolación de la fotometría infrarroja, a partir del punto K, a $1/\lambda = 0$ es muy peligrosa porque conduce a valores de R muy pequeños. Tal parece que esto también sucede en Las Pléyades aunque en menor grado.

Se puede concluir que el cociente entre la absorción total y selectiva, $R = A_v/E_{(B-V)}$, en la dirección de Las Pléyades está más cerca de 4 que del valor "normal" de 3.

El valor de R se ha determinado para una estrella de Las Pléyades y el resultado obtenido de la relación entre las magnitudes aparente y corregida por extinción interestelar es solo aplicable a la extinción que dentro del cúmulo es variable. Si hubiese extinción general entre nosotros y Las Pléyades, nuestro procedimiento no la detectaría.

Si adoptamos $R = 4.0$, entonces el módulo de distancia (fotométrico) de este cúmulo cambia en menos de 0.1 mag. porque el enrojecimiento promedio de este agregado, de acuerdo a Johnson y Sandage (1955), es igual a 0.04 mag.

Es un placer poder expresar mi agradecimiento al Dr. H. L. Johnson por el interés prestado a esta investigación, leer el manuscrito y valiosos comentarios.

BIBLIOGRAFIA

- Eggen, O. J., 1950, Ap. J., **111**, 81.
Hertzsprung, E., 1923, Effective Wavelengths of Stars in the Pleiades (Mém. Acad. r. Sci. Lettres de Danemark, Copenhague).
van de Hulst, H. C., 1949, Rech. Astr. de l'Obs. d'Utrecht **11**, (parte 2), 1.
Johnson, H. L., 1964a, Bol. Obs. Tonantzintla y Tacubaya **No. 25**.
Johnson, H. L., 1964b, Comunicación privada.
Johnson, H. L. y Borgman, J., 1963, B. A. N., **17**, 115.
Johnson, H. L. y Mendoza, E. E., 1964, Bol. Obs. Tonantzintla y Tacubaya **No. 25**.
Johnson, H. L. y Mitchell, R. I., 1958, Ap. J., **128**, 31.
Johnson, H. L. y Morgan, W. W., 1953, Ap. J., **117**, 313.
Johnson, H. L. y Sandage, A. R., 1955, Ap. J., **121**, 616.
Mendoza, E. E., 1956, Ap. J., **123**, 54.