

FOTOMETRIA DE ESTRELLAS INFRAROJAS EN CINCO MICRONESEugenio E. Mendoza V.(Observatorio Astronomico Nacional, Universidad de México)(Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona)INTRODUCCION

Se llamarán estrellas infrarrojas a los cuerpos celestes que radian más de la mitad de su energía en longitudes de onda mayores a un micrón. No deberán incluirse, cuando sea posible, en esta definición a los astros que por extinción interestelar estén radiando principalmente en el infrarrojo. Ejemplos de estrellas infrarrojas son algunas de las estrellas descubiertas por Hetzler (1937), como TX Camelopardalis; los dos objetos descubiertos por Neugebauer, Martz y Leighton (1965) en el Toro (NML-Tauri) y en el Cisne (NML-Cygni); algunas estrellas T Tauri, como R Monocerotis (ver Mendoza, 1966); en general las estrellas tipo Mira (M y S) y las estrellas Carbono de tipo N.

Entre los objetos recién mencionados, los más destacados por su gran radiación en el infrarrojo, se encuentran el objeto NML-Cyg (ver Johnson, Low y Steinmetz, 1965) y R Mon.

Joy (1960) ha clasificado a R Mon como una estrella T Tauri de tipo G. La fotometría UBV, también indica un tipo solar: sin embargo, la energía total entre el ultravioleta y el infrarrojo ( $5\mu$ ) proviene en su inmensa mayoría de longitudes de onda mayores a dos micrones.

El trabajo espectrofotométrico de Wing, Spinrad y Kuhl (1965) indica que el tipo espectral del objeto NML-Cyg corresponde, aproximadamente, a una estrella de tipo S ó M6 no enana. Su curva de energía espectral es muy semejante a la de las supergigantes M del cúmulo h y  $\chi$  Persei (ver Johnson y Mendoza, 1966) y éstas a su vez a la de las supergigantes M no enrojecidas. La única diferencia estriba en la posición del máximo de estas curvas. La fotometría de las supergigantes M indicó que a mayor enrojecimiento por extinción interestelar, mayor corrimiento del máximo hacia longitudes de onda más largas. Esto sugiere que el objeto NML-Cyg bien pudiera ser una supergigante M6 muy enrojecida por extinción interestelar, en cuyo caso sería la supergigante más tardía conocida. También de la fotometría multicolor se sabe que otras estrellas no supergigantes tienen una curva de energía espectral semejante a la que tienen las

supergigantes M; por lo tanto, la sugerencia antes mencionada no pasa de ser una especulación muy atractiva.

En este trabajo se darán observaciones nuevas de un objeto NML (el del Toro), de un objeto Hetzler (TX Cam) y de dos estrellas Carbono (BN Monocerotis y T Lyrae).

#### LAS OBSERVACIONES

Se han hecho observaciones fotométricas en el sistema UBVR<sub>I</sub>JKLM de Johnson (1964) de cuatro estrellas infrarrojas: NML-Tauri, TX Camelopardalis, BN Monocerotis y T Lyrae con los telescopios infrarrojos de 28 y 60 pulgadas del Lunar and Planetary Laboratory de la Universidad de Arizona, E.E.U.U. y el equipo descrito en otras ocasiones (ver por ejemplo, Mendoza 1966).

Las observaciones UBVR<sub>I</sub> se obtuvieron en Septiembre, las JKL en Octubre y las M(5 $\mu$ ) en Diciembre de 1965. Los resultados fotométricos se encuentran en las Tablas 1 y 2. Las columnas de la Tabla 1 dan: primera, el nombre del astro; de la segunda a la última, las magnitudes U, B, V, R, I, J, K, L, M (0.36, 0.44, 0.55, 0.70, 0.90, 1.25, 2.2, 3.4 y 5.0 micrones, respectivamente). La Tabla 2 da los colores U-V, B-V, V-R, V-I, V-J, V-K, V-L y V-M de las estrellas de la Tabla 1. Los valores en cinco micrones, dados en las dos tablas anteriores son el promedio de dos observaciones obtenidas en noches diferentes. Los valores en las otras longitudes de onda corresponden a promedios de observaciones múltiples (de una a siete).

De las Tablas 1 y 2 se nota que el objeto NML-Tau tiene prácticamente los mismos valores B, V, R, I, J, K, L que los publicados (Mendoza, 1965). En cambio TX Cam, un mes después de las observaciones reportadas (Mendoza, 1965) ha cambiado apreciablemente sus valores (R-I). En la Tabla 3 se dan los nuevos índices de color (R-I) y la fecha juliana en que fueron obtenidos. También esta Tabla contiene los valores promedio, correspondientes a las observaciones de marzo y agosto de 1965.

BN Monocerotis, estrella Carbono de tipo N2, ha sido observada extensamente por Edmondson y Giclas (1944). Estos autores obtuvieron magnitudes fotográficas en tres colores: azul, amarillo (visual) y rojo. Nuestras magnitudes azul y roja son del mismo orden que las fotográficas correspondientes. Las magnitudes visuales difieren casi en una magnitud, siendo la de nosotros la más débil. Esta estrella fue la única que sólo tiene una observación entre U y L. En contraste, la otra estrella Carbono, T Lyrae (tipo C6.5; N3) ha sido obser-

vada por nosotros extensamente. Durante el período de observación, arriba mencionado, T Lyr estuvo un poco más brillante en BVRI, que durante las observaciones efectuadas en 1964 y publicadas por Mendoza y Johnson (1965).

#### LA DISTRIBUCION DE ENERGIA ESPECTRAL

Las curvas de energía espectral para NML-Tau, TX Cam, BN Mon y T Lyr se dan en la figura 1. Se han calculado usando la calibración absoluta de Johnson (1965) y se han normalizado a uno en el máximo. Es notable en esta figura la gran similitud de las curvas de las dos estrellas Carbono (T Lyr y BN Mon) y la gran diferencia entre ellas y las curvas correspondientes a NML-Tau y TX Cam. Estas dos últimas estrellas tienen entre sí curvas semejantes. Repetimos, en la figura 1 hay dos tipos de curvas de energía espectral, a saber, una dada por las estrellas Carbono y la otra por las estrellas NML-Tau y TX Cam.

#### CORRECCIONES BOLOMETRICAS Y TEMPERATURAS EFECTIVAS

Se han calculado las correcciones bolométricas, BC, para las estrellas de la Tabla 1, siguiendo el procedimiento descrito por Johnson (1964), el cual consiste principalmente de una integración numérica bajo la curva de energía espectral. El resultado de esta integración se compara con el valor correspondiente del Sol.

También se han calculado las temperaturas efectivas, usando el último resultado de Johnson (1966a). Su técnica sólo requiere conocimiento del índice de color I-L. Johnson encuentra resultados muy satisfactorios para un gran rango de temperaturas.

Los resultados, de ambos cálculos, para los objetos bajo estudio se encuentran en la Tabla 4. Se obtuvieron sin tomar en cuenta los efectos que pudiera haber por extinción interestelar.

#### CONCLUSIONES

Se puede concluir de la fotometría presentada, de la de Johnson, Mendoza y Wisniewski (1965) y de la de Mendoza (1965) que bajo ciertas circunstancias la fotometría puede usarse para separar estrellas Carbono. Johnson (1966) sugiere que la forma aplanada, característica de las curvas de energía espectral de las estrellas Carbono, observadas se debe a una absorción en el filtro J ( $1.25 \mu$ ). Por consiguiente, los objetos infrarrojos que prácticamente no radian en las vecindades de un micrón, no podrían separarse con la técnica arriba

mencionada. Por ejemplo, el objeto NML-Cyg y R Mon, nada más de la fotometría infrarroja no se podría concluir que no fueran estrellas Carbono. El objeto NML-Tau y TX Cam, a partir de la fotometría infrarroja, sí se puede concluir que no son estrellas Carbono (ver figura 1). El tipo de variaciones que se han encontrado en estos dos objetos lo tienen las variables de largo período de tipos M y S. El índice de color (U-B) del objeto NML-Tau es característico de las variables Mira (o Ceti).

Los resultados de esta investigación, por lo tanto, están en conformidad con nuestros resultados previos (loc. cit.) y los de Wing, Spinrad y Kuhl (1965).

Es un placer expresar nuestro agradecimiento al Dr. H.L.Johnson por sus comentarios y facilidades de observación y a la Organización de Estados Americanos por la beca que le permitió al autor trabajar en la Universidad de Arizona (E.E.U.U.).

ABSTRACT

New observations in  $5\mu$  have been obtained for the Infrared Stars NML-Tau, TX Cam, BN Mon and T Lyr. The results of this photometry, plus additional measurements in U, B, V, R, I, J, K, L, are given in Tables 1 and 2.

The effective temperatures and bolometric corrections for the four objects under study are found in Table 4.

We confirm the flat-typed maximum for Carbon Stars. Johnson suggests that it is caused by some absorption within the J-filter.

We may conclude that the objects TX Cam and NML-Tau are not Carbon Stars (see Figure 1), most likely, they are M or S long period variables, because of the light variations and the strong (U-B) - typical of Mira Stars. This is in agreement with our previous results and the spectrophotometric results of Wing, Spinrad and Kuhl.

BIBLIOGRAFIA

- Hetzler, C. (1937). Ap.J. 86. 509.
- Johnson, H.L. (1964). Bol. Obs. Tonantzintla y Tacubaya. 3. 305.
- Johnson, H.L. (1965). Comm. Lunar and Planetary Laboratory. 3. 73.
- Johnson, H.L. (1966 a). Annual Review of Astronomy and Astrophysics,  
ed. L. Goldberg (Annual Reviews, Inc.) 4. en pre-  
paración.
- Johnson, H.L. (1966 b). Comunicación privada.
- Johnson, H.L., Low, F.J. y Steintmetz, D. (1965). Ap.J. 142. 808.
- Johnson, H.L. y Mendoza, E.E. (1966). Ann. d'ap. en preparación.
- Mendoza, E.E. (1965). Bol. Obs. Tonantzintla y Tacubaya. 4. 51.
- Mendoza, E.E. (1966). Ap.J. en preparación.
- Mendoza, E.E. y Johnson, H.L. (1965). Ap.J. 141. 161.
- Neugebauer, G., Martz, D.E. y Leighton, R.B. (1965) Ap.J. 142. 399.
- Wing, R.F., Spinrad, H. y Kuhl, L.V. (1965). Abstracts to be pre-  
sented at the 120th meeting of the American  
Astronomical Society. Calif.

TABLA 1LAS MAGNITUDES DE CUATRO ESTRELLAS INFRARROJAS

Estrella	U	B	V	R	I	J	K	L	M
NML-Tau	15.8:	16.05	12.77	7.40	3.38	1.17	-1.22	-2.31	-2.64
TX Cam	--	17.0:	14.7:	9.12	4.86	2.59	-0.13	-1.36	-1.48
BN Mon	17.7	15.12	10.56	7.67	5.77	4.61	2.33	1.66	1.64
T Lyr	--	13.37	7.88	5.07	3.43	2.54	0.31	-0.29	0.17

TABLA 2LOS COLORES DE CUATRO ESTRELLAS INFRARROJAS

Estrella	U-V	B-V	V-R	V-I	V-J	V-K	V-L	V-M
NML-Tau	3.0(+)	3.28	5.37	9.39	11.60	13.99	15.08	15.41
TX Cam	--	2.3	5.6	9.8	12.1	14.8	16.1	16.2
BN Mon	7.1	4.56	2.89	4.79	5.95	8.23	8.90	8.92
T Lyr	--	5.49	2.81	4.45	5.34	7.57	8.17	7.71

(+) U-B varió de -0.04 a -0.72

TABLA 3INDICE DE COLOR (R-I) de TX CAM

R-I	D.J.
4.28	2439032.8512
4.24	2439033.8817
4.25	2439034.8415
4.26	promedio septiembre, 1965
4.54	promedio marzo, 1965 (+)
4.66	promedio agosto, 1965 (+)

(+) Mendoza (1965)

TABLA 4TEMPERATURAS EFECTIVAS Y CORRECCIONES BOLOMETRICAS DECUATRO ESTRELLAS INFRARROJAS

Estrella	T <sub>e</sub> (°K)	BC (mag.)
NML-Tau	1600	-11.3
TX Cam	1500	-12.1
BN Mon	2000	-5.1
T Lyr	2125	-4.5

PIE DE LA FIGURA

Figura 1. Curvas de distribución de energía espectral para NML-Tau,  
TX Cam, BN Mon y T Lyr.

