BOLETÍN DE LOS OBSERVATORIOS DE TONANTZINTLA Y TACUBAYA, VOL. 1, N°3, 1952.

VELOCIDADES RADIALES DE ESTRELLAS SUPERGIGANTES ALREDEDOR DEL SISTEMA h Y X DE PERSEO°

Eugenio Mendoza y Enrique Chavira

RESUMEN

Las velocidades radiales de siete supergigantes de tipo temprano se han calculado de espectrogramas obtenidos en el Observatorio de McDonald. Con probables miembros supergigantes del Cúmulo Doble, se discute la posibilidad de verificar la hipótesis de explosión, del grupo de supergigantes alrededor de h y X de Perseo. El resultado es satisfactorio.

Se conoce que existe un gran número de supergigantes de tipos O,B,A y M en la región del Cúmulo Doble en Perseo. Bidelman [2] [3] llegó a la conclusión, basándose en las magnitudes absolutas espectroscópicas, de que la mayoría de estas supergigantes están a la misma distancia de nosotros que el Cúmulo Doble. Se espera, por lo tanto, que exista una relación física entre el Cúmulo Doble y esta agrupación de supergigantes. La aglomeración de tal cantidad de estrellas en comparación con regiones normales no puede ser mera coincidencia, sin embargo, se ha considerado muy deseable confirmar la proximidad espacial (no solo la proyección) de estrellas al Cúmulo Doble, usando otros criterios.

En el presente trabajo, las velocidades radiales de siete supergigantes de tipo temprano están determinadas con doce espectrogramas tomados con el telescopio de ochenta y dos pulgadas del Observatorio de McDonald[1] con una dispersión de 40 A/mm en λ3933. Una lista de estos espectros está dada en la Tabla I.

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

T A B L A I

1	2	3	4	5	6	7
DD	PLACAS CQ	FECHA	T.U.	V_M km/seg.	V_{CH}	V_P
12953	671	1941 Feb. 21	3.05	-36.36 ±1.25		-36.36
	6693	1948 Enero 23	2.18	-38.69 ±1.79	-39.75 ± 1.87	-39.22
	6691	" 23	2.29	-37.24 ±1.24	-38.14 ± 0.01	-37.69
13267	6718	" 25	2.25	-34.45 ±0.01	-31.07 ± 1.46	-32.76
	6719	" 25	2.53	-36.14 ±0.01	-42.68 ± 1.14	-39.41
13476	6697	" 23	3.49	-36.93 ±1.04	-37.33 ± 1.37	-37.13
	6698	" 23	4.25	-39.12 ±0.08	-40.09 ± 1.79	-39.60
14433	6735	" 26	3.04	-48.21 ±0.06	-48.60 ± 1.43	-48.40
14535	6720	" 25	3.51	-55.79 ±1.19	-59.06 ± 3.00	-57.42
14818	6695	" 23	2.49	-45.32 ±0.04	-47.59 ± 1.18	-46.45
	6696	" 23	3.17	-43.45 ±1.32	-46.47 ± 3.40	-44.46
14899	† 6734	" 26	2.27	- 2.09 ±3.00	34.53 ±11.42	-18.31

† Placas con líneas muy anchas y difusas.

V_M: velocidad determinada por E. Mendoza.

V_{CH}: velocidad determinada por E. Chavira.

V_P: velocidad promedio de V_M y V_{CH}

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

Cada placa fué medida por los dos autores excepto CQ 671. Los resultados de cada placa están dados en la Tabla I: en las columnas cinco y seis están las velocidades medidas por Mendoza y Chavira, respectivamente. El promedio de la diferencia entre las dos medidas es el siguiente:

$$V_M - V_{CH} = +1.5 \text{ km/seg.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

los errores promedios de cada placa son alrededor de ±1.0 km/seg.

En la Tabla II hemos dado la velocidad tomando el promedio dando igual valor a las placas de ambos medidores.

T A B L A II

1	2	3	4	5	6	7	8
HD	l	b	m	Esp.	M	V(nuestra)	V(otros)
12953	100.7	-2.4	5.67	A1	-6.6	-37.7	-37.2
13267	101.3	-3.0	6.36	B8	-6.1	-36.1	-34.4
13476	101.2	-2.0	6.39	A2	-6.1	-38.3	-38.0
14433	102.7	-2.9	6.42	A1	-6.1	-48.4	-46.1
14535	102.9	-2.8	7.35	A2	-5.6	-57.4	-53.0
14818	103.4	-3.3	6.26	B2	-6.1	-45.7	-47.0
14899	103.3	-2.6	7.38	A0	-5.1	18.3	-42.0

Las tres primeras columnas no necesitan explicación, la cuatro y la cinco dan la magnitud aparente y el tipo espectral de cada estrella respectivamente, la columna seis da la magnitud absoluta, nuestra velocidad está dada por la columna siete y por último la columna ocho da la velocidad calculada por otros observadores.

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

Los datos de las columnas 4,5,6 y 8 están tomados de los trabajos de Bidelman. Una comparación de las columnas 7 y 8 muestra que:

$$V(\text{otros}) - V(\text{nuestra}) = 1.3 \text{ km/seg.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

En la Tabla III hemos dado una lista de dieciocho estrellas con velocidades determinadas con anterioridad, que según artículos de Bidelman [2,3] son miembros del Cúmulo Doble.

T A B L A III

1	2	3	4	5	6	7
HD	l	b	m	Esp.	M	V
13744	101.9	-2.0	7.8	A1	-5.3	-51.0
13745	102.5	-4.5	7.96	O9.5	-4.8	-32.0
13841	102.2	-3.3	7.22	BO.5	-4.9	-39.4
13854	102.3	-3.3	6.46	B1	-6.6	-40.0
13866	102.5	-3.5	7.4	B2	-4.2	-48.8
14052	102.5	-3.0	7.98	B1	-4.8	-41.0
14134	102.4	-3.1	6.63	B3	-6.1	-43.4
14143	102.4	-3.1	6.64	B2	-6.1	-45.2
14270	102.7	-3.2	8.1	M3	-5.0	-43.0
14322	103.1	-4.2	6.81	B8	-5.9	-37.0
14357	103.1	-3.5	8.24	B2	-4.2	-40.0
14443	102.7	-2.9	7.81	B2	-4.8	-39.0
14469	103.1	-3.2	8.0	M3	-4.8	-39.0
14488	103.1	-3.3	8.7	M4	-4.4	-38.0
14542	102.8	-2.7	6.85	B9	-6.1	-51.4
14956	103.2	-2.2	7.16	B2	-6.1	-30.3
15316	103.5	-1.9	7.12	A2	-5.6	-44.0
15497	103.8	-2.0	7.1	B5	-6.1	-35.4

Hemos rechazado nuestra determinación de la velocidad de HD 14899, pues las líneas visibles en el espectrograma fueron extremadamente anchas y difusas y el error medio fué demasiado grande, por lo tanto, adoptamos la velocidad determinada por otros observadores como la velocidad radial de esta estrella.

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

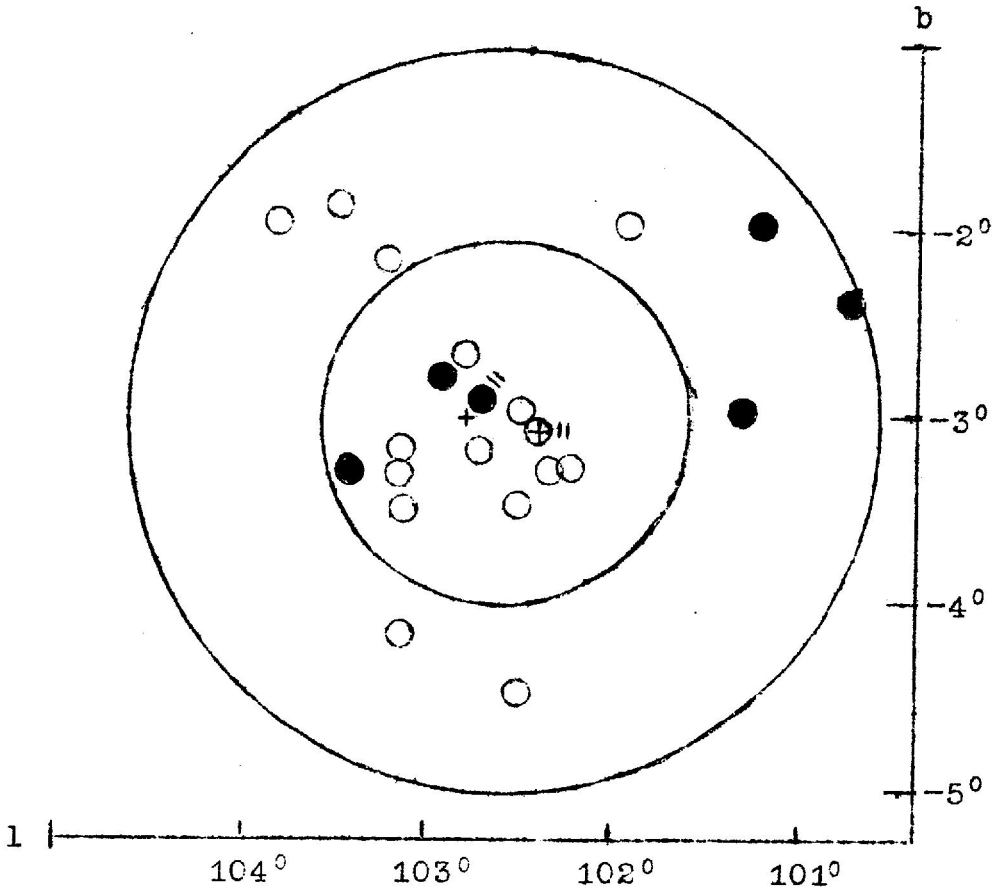
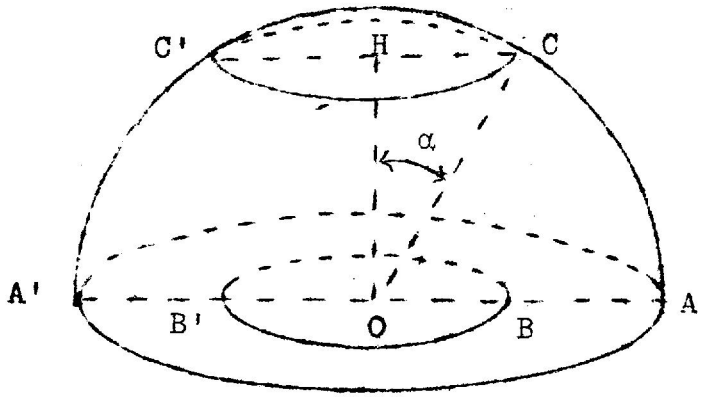


FIGURA No. 1.

- - - - - - - - -

FIGURA No. 2.



© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

La figura 1 es el mapa de la región de los Cúmulos, en donde las estrellas de la Tabla II (excepto HD - - 14899) están marcadas con círculos y las de la Tabla III -- con circunferencias.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

En esta discusión se han tomado los datos de las tablas II y III.

Ambarzumián en su interesante artículo[4] titulado "ASOCIACIONES ESTELARES" discute, entre varias agrupaciones extendidas de estrellas al grupo de supergigantes h y X de Perseo, este astrónomo llega a la conclusión de que - aproximadamente ha diez millones de años ocurrió una explosión, arrojando a estas supergigantes -o en su lugar proto estrellas- con una velocidad de uno a diez kilómetros por segundo. Ambarzumián acepta 5 km/seg. como probable velocidad inicial debido a la explosión. Si Ve indica la velocidad inicial debido a la explosión, la componente radial está dada por

$$Ve \cos \xi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

en donde ξ es el ángulo que forma la visual con el radio -- vector, que va del centro de los Cúmulos (lugar probable - de la explosión) a la estrella. Por falta de datos no examinaremos esta variación en detalle. Dividimos la región - de los Cúmulos por medio de dos círculos cuyos radios son un grado y dos grados respectivamente (véase Fig. 1); estos círculos son concéntricos y su centro común es el punto medio de los centros de h y X de Perseo. La región comprendida por el círculo de un grado de radio la llamaremos región A y la región entre los dos círculos la designaremos por B. Sean Va y Vb las velocidades promedio en las regiones A y B respectivamente. Consideremos primero el caso más simple. Las estrellas equidistan del centro, es decir están distribuídas en la superficie de una esfera de dos - grados de radio; esta distribución la supondremos uniforme. Se supone además que estas estrellas están en el hemisferio hacia el observador, también supondremos constante a -- Ve. Calculemos ahora Va y Vb de la siguiente manera:

De la Fig. No. 2

$\overline{OA} = x$

$\overline{OB} = \frac{1}{2}$

$\overline{OH} = \frac{1}{2}\sqrt{4x^2-1}$

Sa = Area de la región A

Sb = Area de la región B $\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$ (4)

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

Por lo tanto

$$Sa = 2\pi x \left(x - \frac{\sqrt{4x^2-1}}{2}\right)$$

$$Sb = \pi x \sqrt{4x-1}$$

Por consiguiente:

$$Va = \frac{\int_0^{2\pi}\int_0^{\alpha} Ve \operatorname{sen}\xi \cos\xi \, d\xi \, d\varphi}{Sa} = \frac{Ve}{4x^3(2x-\sqrt{4x^2-1})} \qquad (5)$$

$$Vb = \frac{\int_0^{2\pi}\int_{\alpha}^{\frac{\pi}{2}} Ve \operatorname{sen}\xi \cos\xi \, d\xi \, d\varphi}{Sb} = \frac{Ve\sqrt{4x^2-1}}{4x^3} \qquad (6)$$

En (5) y en (6) φ es el "azimut"

Restando (6) de (5), encontramos que:

$$Va-Vb = Ve/2x^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (7)$$

Si x=1 (Fig. 1). (7) se convierte en:

$$Va-Vb = \frac{Ve}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (8)$$

Si $x=\frac{1}{2}$ (7) nos da:

$$Va-Vb = 2Ve \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (9)$$

el promedio aritmético de (8) y (9) es por lo tanto:

$$\frac{\frac{1}{2}+2}{2}Ve = \frac{5}{4}Ve \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (10)$$

Se puede demostrar fácilmente, que si la distribución es tal que no todas las estrellas están sobre la esfera, el coeficiente de Ve en la expresión (8) será mayor a 0.5 y por consiguiente $|Va| - |Vb|$ aumentará. Calculemos - - - también los promedios respectivos (cf. Fig. 1).

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

Usando las velocidades radiales de las estrellas en las regiones A y B. Usando solamente nuestras velocidades dadas en la Tabla II, encontramos que:

$$\begin{aligned} Va &= -50.5 \text{ km/seg. (tres estrellas)} \\ Vb &= -37.4 \text{ km/seg. (tres estrellas)} \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

Los mismos promedios con las velocidades de la Tabla III - son:

$$\begin{aligned} Va &= -42.3 \text{ km/seg. (treee estrellas)} \\ Vb &= -38.3 \text{ km/seg. (seis estrellas)} \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

En ambos casos $|Va| - |Vb| > 0$

Según (11): $|Va| - |Vb| = 13.1$ km/seg. ..... (13)

y según (12): $|Va| - |Vb| = 4$ km/seg. ..... (14)

La segunda de estas diferencias, probablemente, es una mejor determinación, ya que está basada en diecinueve miembros estelares, mientras que la primera solo sobre seis estrellas. Aunque se necesitan datos más numerosos para una mejor determinación de la diferencia Va-Vb. Es muy probable que ésta sea siempre negativa. Si adoptamos que $|Va| - |Vb| = 4$ km/seg., obtenemos que, substituyendo en (8),

$$Ve = 8 \text{ km/seg.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (15)$$

Hay que tomar en cuenta en primer lugar la suposición de - que las estrellas observadas, están en el hemisferio con - el polo hacia el observador; pero la inclusión de estre- - llas en el otro hemisferio (lejano) disminuirá nuestro promedio de $|Va|$ teórica. En segundo lugar la suposición de - la distribución uniforme al calcular la diferencia Va-Vb teórica, es probable que no sea verdadera; pero es justificable esperar que los efectos producidos son accidentales y por lo tanto no introducen una diferencia espuria. Y por último la suposición de que todas las estrellas supergigantes discutidas se encuentran en una esfera de dos grados - de radio aparente, probablemente no corresponde a la verdad, Se encuentra usando la relación (7) que si algunas estrellas están dentro de la esfera, la diferencia $|Va| - |Vb|$ aumentará. El intervalo de variación está dado por (8) y - (9). Tomando el promedio de los dos valores extremos, a saber 5Ve/4 km/seg., obtenemos:

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

$$|Ve| = 8 \text{ km/seg.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15),$$

si consideramos que todas las estrellas están sobre la esfera de dos grados de radio.

$$Ve = 3.2 \text{ km/seg.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16),$$

si algunas estrellas no están sobre la esfera de dos grados de radio (tomando el promedio). En ambos casos Ve está dentro de los límites dados por Ambarzumián para el valor de la velocidad inicial de las supergigantes[4]. Entonces podemos concluir de estos resultados que las velocidades radiales conocidas dan apoyo a la hipótesis de la explosión y por lo tanto a la expansión de las supergigantes alrededor de h y X de Perseo, aunque no podamos decir con certeza cual es la velocidad inicial debido a la explosión.

En la anterior discusión hemos hecho implícitamente la suposición de que las velocidades radiales no se han alterado apreciablemente. En otras palabras hemos considerado que el tiempo de relajamiento del sistema de supergigantes es mayor que su edad, por consiguiente los encuentros entre estas estrellas con las del campo son despreciables. Es obvio que se necesitan las velocidades radiales de un mayor número de estas estrellas para comprobar decisivamente la teoría del origen de las supergigantes en la vecindad del Cúmulo Doble en Perseo.

Expresamos nuestro agradecimiento a la Dra. Paris Pişmiş por su valiosa ayuda, sin la cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

---

[0] Presentado en el Congreso Científico de la U.N.A.M., conmemorando el IV centenario de su fundación, el día 27 de septiembre de 1951.

[1] Gracias a la cooperación del Dr. G.P. Kuiper quien fotografió los espectros y a la del Dr. W.P. Bidelman, ambos de los Observatorios de Yerkes y McDonald.

[2] Ap. J. 98. 61. 1943.

[3] Ap. J. 105. 492. 1947.

[4] Revista de Astronomía de la Academia de Ciencias de la URSS. Tomo XXVI página 3 y siguientes.

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México

ABSTRACT

Radial velocities of seven-supergiant early - type stars probable members of the h and X Persei cluster have been derived from spectrograms taken at the McDonald Observatory.

The possibility to verify with these velocities and eighteen others obtained from literature the hypo--- thesis of the explosion of the supergiant star group - - around the double cluster in Perseus is discussed.

We found that, if all these stars are situated on a sphere of two degrees radius (see fig. 1), Ve=8 - - km/sec., but if it is assumed that some of the stars -- are not on that sphere, then Ve = 3.2 km/sec. -Ve being the initial velocity due to the explosion. In both cases Ve is within the limits given by Ambarzumián[4].

© Copyright 1952: Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México