

OBSERVACION DE ESTRELLAS "A" PECULIARES *

Luis Münch**

Introducción

Ciertas características espectrales de la clase de estrellas "A peculiar", pueden ser reconocidas en los espectros obtenidos con la cámara Schmidt del Observatorio de Tonantzintla y un prisma objetivo de 4° (L. Münch, 1952). A fin de relacionar las peculiaridades observadas en la dispersión resultante (241 Å/mm en H γ) con las establecidas en el sistema de Yerkes (Morgan, Keenan and Kellman, 1943), 13 de las estrellas clasificadas como peculiares en placas de prisma objetivo fueron reobservadas con el espectrógrafo universal Cassegrain del reflector de 60 pulgadas de Mt. Wilson (O. C. Wilson, 1956). Durante el desarrollo de este programa, se tomaron varios espectrogramas de cada una de las estrellas con el objeto de estudiar posibles cambios en velocidad radial, que tienen especial interés dada la baja frecuencia de binarias espectroscópicas en estrellas de este tipo. En efecto, M. Jaschek y C. Jaschek (1958) encontraron que en 124 estrellas peculiares A, sólo el 17% son probables binarias, en tanto y que entre las estrellas A normales esta relación aumenta al 43%. Esta deficiencia fue también encontrada, independientemente, por Babcock (1958).

Debido a condiciones poco favorables de observación, los datos colectados no son tan extensos como pudiera desearse; sin embargo los resultados obtenidos, a pesar de lo incompletos, tienen suficiente interés para ameritar su publicación a la vez que para llamar la atención de otros investigadores hacia la conveniencia de obtener observaciones adicionales.

En este trabajo se presentan los resultados de la medición de velocidades radiales y de las observaciones de las variaciones espectrales detectadas en las siguientes estrellas:

BD	HD	m_r	Sp
- 1°1414	50169	8.9	A ₁ p.
- 1°1459	51106	7.6	Ap.
+46°1913	.....	9.7	Ap. (líneas metálicas)

Los espectrogramas base de este estudio fueron obtenidos con una rejilla de difracción en el segundo orden que, en el azul y con las cámaras de 8 y 4 pulgadas de longitud focal del espectrógrafo referido con anterioridad, dan dispersiones de 41 y 82 Å/mm respectivamente. (Designaciones Xe y Xf de las placas correspondientes). Se utilizaron placas II a-O hipersensibilizadas por calentamiento a 50° C durante 72 horas. La resolución de los espectros corresponde a un ancho proyectado de la rendija de 0.020 mm y la longitud de las rendijas usadas se fijó para obtener espectros de 0.5 mm de ancho. Todos los espectros fueron medidos dos veces independientemente en las posiciones directa e inversa y la precisión de los resultados en cada placa se ha estimado por los errores cuadráticos medidos, calculados de los residuos de cada una de las líneas medidas.

Las variaciones de intensidad se estimaron siguiendo los criterios establecidos por Deutsch (1946) y las intensidades relativas para K de Ca II, anotadas, están referidas a la escala visual de Morgan (1935) para esta misma línea.

HD 50169

Previamente a que esta estrella hubiera sido observada por el autor con cámara prismática, Merrill y Burwell (1933-1949) habían descubierto en el espectro de HD 50169 emisión variable en H α y líneas anormalmente fuertes de Sr II. Brewer (1953) estudió también este objeto en 8 espectrogramas obtenidos en Mt. Wilson con 35 Å/mm de dispersión, e identificó en él líneas anormalmente fuertes de Sr II, Cr I, Cr II y Eu II, observando además, que las líneas de Ti II y la no identificada λ 4172 son variables. Más recientemente Babcock (1958) confirmó en parte los resultados obtenidos por Brewer, estimando sin embargo, a las líneas de Eu II como débiles; considera así mismo dudoso que este objeto pueda ser clasificado como un *espectro variable* ordinario.

Con base en los seis espectrogramas a que se refiere la *Tabla I*, se ha encontrado que las líneas de Ca II, Sr II, Si II, Cr I, Cr II, y Eu II parecen ser también variables. Si bien, las características de

* El material de observación relacionado al presente trabajo fue obtenido por el autor en el Observatorio de Mt. Wilson, durante su término como becario Latino-Americano (1956-57) de la John Simon Guggenheim Memorial Foundation.

** Becario del Instituto Nacional de la Investigación Científica.

las variaciones no corresponden a las estudiadas en las típicas estrellas variables de espectro, resultará conveniente describirlas en los siguientes términos:

- La línea K de Ca II varía en un rango de intensidades $A_0 - A_4$.
- En la máxima intensidad de K observada, Ca II (3968), Sr II, Si II y Ti II aparecen también más fuertes.
- Las variaciones de Cr I, Cr II y Mg II no se relacionan con las intensidades de K, si bien, cuando Cr II aparece débil, Eu II es fuerte.

Es de notarse especialmente la extraordinaria variación en intensidad de la línea $\lambda 3820$ tentativamente atribuida a Fe I y Eu II. Dado que esta línea solo aparece en la placa Xe 2589, reproducida en la Figura 1, la posibilidad de un defecto en la emulsión fotográfica no puede ser excluida categóricamente; pero también hay que tener en cuenta que cambios no periódicos en ciertas líneas de estrellas peculiares A ya han sido sospechados con anterioridad (Deutsch, 1956).

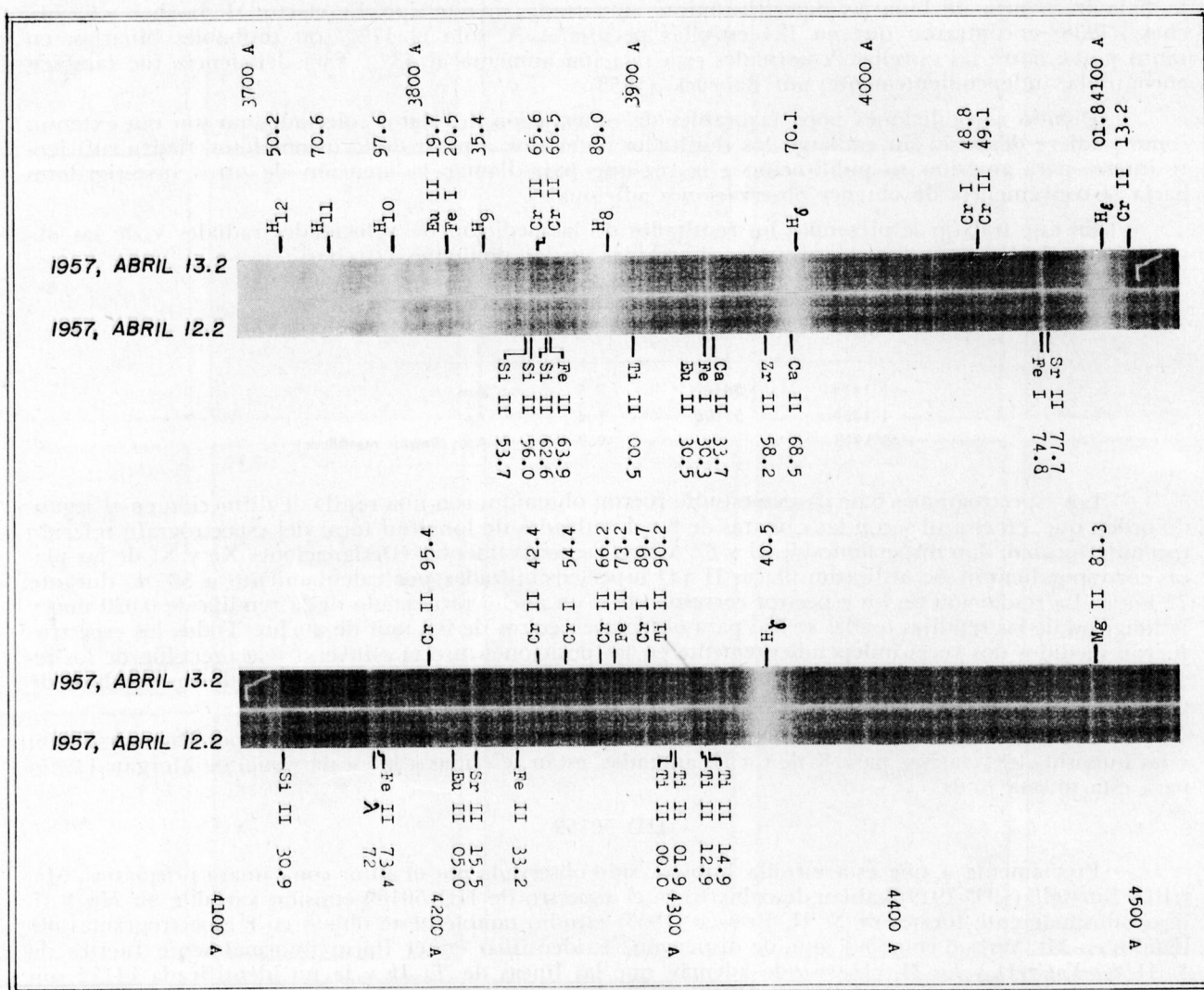


Figura 1.—El espectro de HD 50169 en dos diferentes fechas. Las líneas identificadas son aquellas que probablemente varían. Nótese la extraordinaria intensidad de $\lambda 3820$ en Abril 13.2 (Xe 2589).

Las velocidades radiales obtenidas, que están basadas en las identificaciones de Brewer, se dan en la Tabla I, en la que también se anota el número de líneas medidas. Comparando estas velocidades (+12.7 a -18.9 km/seg) con las derivadas por Brewer, $+22.8 \pm 0.7$ km/seg, y por Babcock, de +11.8 a +15.1, para este mismo objeto se puede concluir que su velocidad es variable; y si bien no es posible determinar un período con las observaciones existentes, es razonable sugerir que la extraordinaria peculiaridad del espectro de esta estrella (la única peculiar A con emisión variable en $H\alpha$ conocida), está relacionada a su naturaleza binaria.

TABLA I

Velocidades radiales de HD 50169

PLACA	FECHA, T. G.	v (km/seg)	Líneas medidas	K (intensidad)
Xf 2406	1957, Enero 9.353	$+ 8 \pm 3$	21	3
Xf 2523	1957, Marzo 14.199	$+ 9 \pm 3$	28	5
Xf 2533	1957, Marzo 15.117	$+12.7 \pm 2.6$	29	4
Xe 2572	1957, Abril 10.184	-10.2 ± 1.8	30	6
Xe 2583	1957, Abril 12.197	-14.9 ± 1.8	32	8
Xe 2589	1957, Abril 13.191	-18.9 ± 1.8	31	7

HD 51106

La peculiaridad de HD 51106 (Tipo espectral en el Henry Draper Catalogue A2) fue descubierta por el autor (1952). Su espectro presenta líneas anchas y moderadamente débiles de Si II , Ti II , Sr II y Eu II . Con menor intensidad también están presentes en él las de Cr I y las de Cr II , probablemente forman parte de blends. Este espectro es indudablemente variable, y es particularmente notable en la línea K de Ca II que tiene intensidades comprendidas entre tipos A_2 y A_7 como puede apreciarse en la Figura 2.

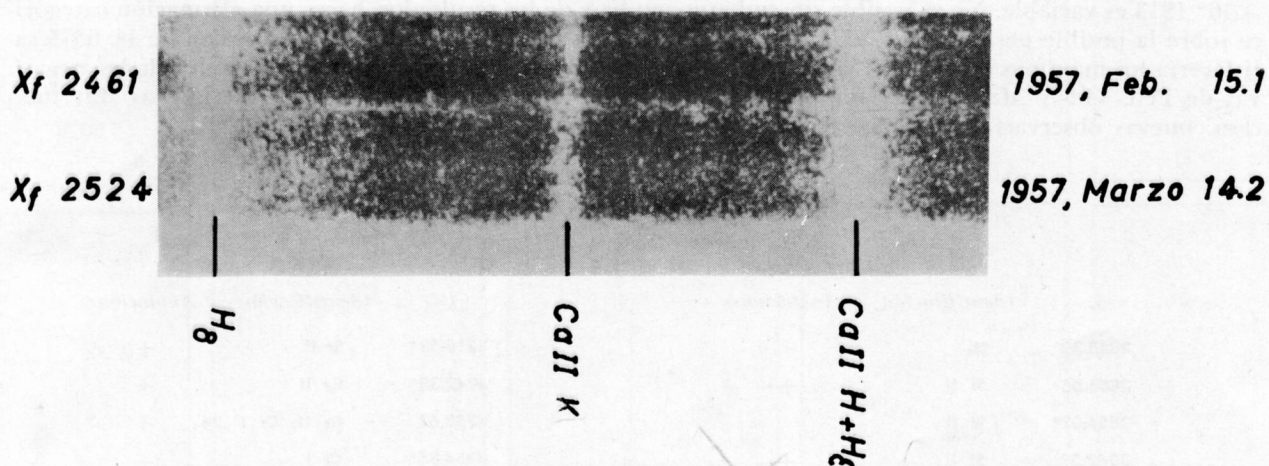


Figura 2.—La variabilidad de la línea K de Ca II en dos espectrogramas de HD 51106. Nótese también que en Xf 2524 $\text{Ca II H} + \text{H}_e$ es considerablemente más ancha que H_α en tanto y que en Xf 2461 estas mismas líneas muestran anchos e intensidades similares.

Las velocidades radiales de HD 51106 que aparecen en la Tabla II, fueron derivadas de longitudes de onda identificadas en el espectro de $+ 46^\circ 1913$ (véase la Tabla III). Aunque el error medio de la placa Xf 2461 es mayor que el de Xf 2524 y Xe 2571, la velocidad radial es consistente para las diferentes líneas por lo que puede ser considerada real. Sin embargo, a fin de confirmar la variación y establecer la posible periodicidad, son de desearse observaciones adicionales.

TABLA II

Velocidades radiales de HD 51106

PLACA	FECHA, T. G.	v (km/seg)	Líneas medidas	K (intensidad)
Xf 2461	1957, Febrero 15.109	$+57.5 \pm 6.5$	15	5
Xf 2524	1957, Marzo 14.228	$+10.1 \pm 3.3$	16	9
Xe 2571	1957, Abril 10.144	$+19.7 \pm 3.1$	15	10

La naturaleza peculiar de esta estrella también fue descubierta por el autor en placas de prisma objetivo. H. W. Babcock (1958), en su Catálogo de Estrellas Magnéticas, asigna a este objeto un espectro de líneas delgadas, con las características de los típicos de líneas metálicas, muy similar al de 16 Orionis (estrella estándar de tipo F₂ con líneas metálicas) pero con líneas algo débiles. Además de las líneas de Sr II, Cr II y Si II que Babcock menciona estar representadas, se han identificado los iones Cr I, Eu II y Ti II con intensidades similares y las líneas de Mn I en $\lambda 4030$ y $\lambda\lambda 4033-34$ que son prominentes. La línea K de Ca II está cerca de A₂ con intensidades no sensiblemente variables.

A fin de determinar desplazamientos Doppler, se midieron 24 espectrogramas de esta estrella. Las longitudes de onda adoptadas para la derivación de velocidades radiales en placas Xe se dan en la *Tabla III* y fueron seleccionadas en la Tabla de Multipletes de Miss Moore (1945) con la ayuda de las identificaciones hechas por Hiltner (1945) en el espectro de β Cor Bor. Las líneas utilizadas en la determinación de velocidades radiales en placas Xf, en la *Tabla III*, se señalan con un asterisco.

Ciertas líneas dan la impresión de variar de intensidad de placa a placa, y en algunos casos son difícilmente visibles; éstas se identificaron en la referida *Tabla III* mediante el signo + en la columna de las *Anotaciones*. Por tal razón, no ha sido posible medir todas las líneas en cada uno de los espectros. Por otra parte, estos aparentes cambios de intensidad, no se relacionan con los observados en longitud de onda. En los casos extremos de exposición débil solamente se dan las velocidades de la línea K de Ca II. Los resultados finales de la medición, aparecen en la *Tabla IV*.

Considerando la magnitud de los errores residuales no hay lugar a duda que la velocidad de +46° 1913 es variable. No es posible sin embargo, en base de los resultados, hacer una afirmación categórica sobre la posible periodicidad de la variación, pues en tanto y que un período del orden de 1^d. 6375 satisficaría los máximos de Marzo 13.4, Abril 10.3 y Julio 14.2, no así los mínimos. Las velocidades negativas de Feb. 14.5 y Marzo 14.4, por otra parte, sugieren que las variaciones son aperiódicas. En todo caso, nuevas observaciones son necesarias.

TABLA III
Longitudes de onda adaptadas

λ	Identificación	Anotaciones	λ	Identificación	Anotaciones
3835.39*	H _{α}		4215.52*	Sr II	+
3853.66	Si II	+	4242.38*	Cr II	+
3856.02*	Si II		4252.62	Cr II; Cr I .24	+
3862.59	Si II	+	4254.35*	Cr I	+
3865.59*	Cr II; Cr II 6.54	+	4282.41	Fe I	
3889.05	H _{α}		4284.21	Cr II; Mn II. 43	
3900.55	Ti II	+	4296.57	Fe II; Gd II .08	
3902.95	Fe I		4300.05*	Ti II	+
3927.92	Fe I		4312.86*	Ti II	+
3933.66*	Ca II K		4314.98*	Ti II; Fe II .29	
3968.47*	Ca II H		4340.47*	H γ	
3970.07*	H _{ϵ}		4351.76*	Fe II	
4005.25	Fe I; Fe I 4.83		4371.28	Cr I	+
4101.74*	H _{δ}		4383.55	Fe I	
4130.88	Si II		4404.75	Fe I	
4173.45	Fe II		4415.13	Fe I; Sc II .56	
4181.76	Fe I		4481.33*	Mg II	+
4202.03	Fe I		4489.19	Fe II	+
4203.99*	Fe I		4501.27	Ti II; Nd II .81	+
4205.05*	Eu II	+			

TABLA IV

Velocidades radiales de $+46^{\circ}$ 1913

PLACA	FECHA T. U.	$\bar{v}$ (km/seg)	K (km/seg)	PLACA	FECHA T. U.	$\bar{v}$ (km/seg)	K (km/seg)		
Xf 2459	1957, Feb.	14.462	-25 $\pm$ 2	-23.2	Xf 2676	1957, Junio	9.193	.....	+19.4
2467	Feb.	16.412	.....	+10	Xe 2678		11.257	+15.1 $\pm$ 2.3	+19.2
2520	1957, Marzo	13.376	+31.6 $\pm$ 2.8	+23	2682		12.199	.....	+ 6.9
2522		13.524	+18.6 $\pm$ 1	+16.7	2687		13.209	+16.0 $\pm$ 2.3	+12.0
2530		14.420	-16.2 $\pm$ 2	-12.4	2691		14.206	.....	+13.6
2538		15.423	.....	- 5.9	2822		11.208	+13.1 $\pm$ 2	+11.8
2540		15.516	.....	+ 9.0	2825		12.191	+17.2 $\pm$ 2.3	+13.0
Xe 2574	1957, Abril	10.304	+25.5 $\pm$ 2.6	+26.6	2829		13.194	+13.5 $\pm$ 2	+11.2
2578		11.264	+13.3 $\pm$ 2.3	+11.2	2833		14.192	+22 $\pm$ 2	+24.9
2581		11.481	.....	+ 2.8	2836		15.190	+11.2 $\pm$ 1.5	+10.6
2586		12.397	.....	- 0.8	2840		16.203	+15.7 $\pm$ 1.4	+15.2
2591		13.305	+18.4 $\pm$ 2	+15.9	2844		17.201	+14.7 $\pm$ 1.3	+12.3

Deseo expresar aquí mi gratitud a la Fundación Guggenheim por la beca que me fue concedida para permanecer durante un año en los Observatorios de Mt. Wilson y Palomar. Mi agradecimiento también al Dr. I. S. Bowen y al personal de dichos observatorios por los privilegios recibidos, y en particular, al Dr. Horace W. Babcock por su interés en relación con el presente trabajo y al Dr. Guido Münch por haber leído y comentado el manuscrito.

REFERENCIAS

- Babcock, H. W. 1958, *Ap. J.*, **128**, 228.
 ——— 1958, *Ap. J. S.*, **30**, 141.
 Brewer, K. R. W. 1953, *Ap. J.*, **118**, 265.
 Deutsch, A. J. 1946, *Ap. J.*, **103**, 99.
 ——— 1956, *Pub. A. S. P.*, **56**, 92.
 Jaschek, C., and Jaschek, M. 1958, *Zs. f. Ap.*, **28**, 135.
 Hiltner, W. A. 1945, *Ap. J.*, **102**, 438.
 Merrill, P. W. and Burwell, C. G. 1933, *Ap. J.*, **78**, 389.
 ——— 1949, *ibid* **110**, 387.
 Moore, Ch. E. 1945, *Cont. Princeton Univ. Obs.*, **20**.
 Morgan, W. W., Keenan, Ph., and Kellman, E. An Atlas of Stellar Spectra. 1943, *University of Chicago Press*.
 Morgan, W. W. 1935, *P. Y. O.*, Vol. VII, Part III.
 Münch, L. 1952, *Bol. Min. Obs. Ton., y Tac.*, nº 5.
 Wilson, O. C. 1956, *Pub. A. S. P.*, **68**, 346.

OBSERVATIONS OF PECULIAR "A" STARS*

Introduction

Some spectral characteristics of the class of peculiar A stars may be observed on plates obtained with the Tonantzintla Schmidt camera and its 4" objective prism (L. Münch, 1952). In order to establish the relationship between the peculiarities noticeable at this small dispersion (241 Å/mm at H γ) and those established in the Yerkes system (Morgan, Keenan and Kellman, 1943), 13 of the stars previously discovered on objective prism plates by the writer were reobserved with the universal Cassegrain Spectrograph of the 60-inch Telescope, of the Mount Wilson Observatory (O. C. Wilson, 1956). In the course of development of the program, several spectrograms were taken of each star in order to study possible changes in radial velocity. The importance of these changes lies in the fact that there seems to be a low proportion of binaries among this type of stars, as pointed out by Jaschek and Jaschek (1958). They found that in 124 peculiar A stars studied, only 17% are possible spectroscopic binaries, while in normal A stars this proportion increases to 43%. Independently, H. W. Babcock (1958) also noticed this deficiency.

Because of unfavourable weaker conditions, the material collected is not as extensive as originally planned. However, the results obtained, incomplete as they may be, are of sufficient interest to deserve publication at this time and to call the attention of other investigators towards the desirability of securing additional observations.

* The observational material basis of this work was obtained at the Mount Wilson Observatory during the tenure by the author of a Latin-American Fellowship (1956-1957) from the John Simon Guggenheim Memorial Foundation.

In this paper are given the results of radial velocity measurements and of spectral variations detected in the stars:

<i>BD</i>	<i>HD</i>	m_v	<i>Sp</i>
— 1°1414	50169	8.9	A ₁ p.
— 1°1459	51106	7.6	Ap.
+46°1913	.....	9.7	Ap. (metallic lines)

The spectra on which the present study is based were obtained with a second order grating which, in the blue and with the 8 and 4 inch focal length cameras of the above mentioned spectrograph, gives dispersions of 41 and 82 Å/mm. The spectra obtained with these two cameras are denoted by Xe and Xf, respectively. Emulsion II a-O, hypersensitized by baking at 50°C for 72 hours, was used exclusively. The resolving power of the spectra corresponds to a projected slit width of 0.020 mm and the length of the slit used was thus fixed so as to obtain spectra of 0.5 mm width. All plates were measured twice, independently in each of the direct and reverse positions. As a measure of the accuracy of the radial velocities derived, the root mean square of the residuals was determined for each measure. The variability of the lines on each spectrum was detected following the line intensity criteria by Deutsch (1946), while the relative intensities given for *Ca* II K, were referred to Morgan's visual scale (1933).

HD 50169

Previously to the author's observation on objective prism plates, Merrill and Burwell (1933-1949) had noticed in this star variable emission in *Hα* and abnormally strong absorption lines of *Sr* II. On the basis of 8 Mt. Wilson spectrograms, Brewer (1953) studied this same star, identifying strong lines of *Sr* II, *Cr* I, *Cr* II and *Eu* II; and also the lines of *Ti* II and the unidentified one at λ4172 were noticed as varying in intensity. The results of Brewer have been confirmed by Babcock (1958), who considers, however, the lines of *Eu* II rather weak and doubtful to warrant the inclusion of this star in the class of ordinary spectrum variables.

From the study of the 6 spectrograms referred to in Table I, it has been found that the lines of *Ca* II, *Sr* II, *Si* II, *Cr* I, *Cr* II and *Eu* II are also variable in intensity. However, the characteristics of the variations do not correspond to those known in typical peculiar A stars; nevertheless, it may be appropriate to describe these main variations in the following terms:

- The K line of *Ca* II has been observed with intensity ranging from that in A₀ to A₄.
- When the maximum intensity of K is observed, *Ca* II (3968), *Sr* II, *Si* II and *Ti* II seems also to be strong-est.
- There is no relationship between the variations of *Cr* I, *Cr* II and *Mg* II and those of *Ca* II K. But when *Cr* II is weak, *Eu* II is strong.

Specially noteworthy is the extraordinary strength of the line at λ3820, illustrated on Figure 1, and tentatively assigned to *Fe* I and *Eu* II on plate Xe 2589. The possibility of an emulsion flaw cannot be entirely discarded, but the suspicion that the change is real should be kept in mind, in relation to the aperiodic variations observed in other stars (A. J. Deutsch, 1956).

The radial velocities obtained, based on the identifications of Brewer are given in Table I. Comparing these velocities with the one given by Brewer, $+22.8 \pm 0.7$ km/sec, and with those of Babcock from +11.8 to +15.1 km/sec, it is suggested that the radial velocity of HD 50169 indeed is variable. It is not possible to determine a period on the basis of the material, but it is tempting to suggest also that the unique peculiarity of this star, of having a variable *Hα* in emission, is due to its binary character.

HD 51106

The peculiar nature of HD 51106 (HD spectrum A₂) was noticed by the author (1952). Its spectrum shows moderately weak and wide lines of *Si* II, *Ti* II, *Sr* II and *Eu* II. Somewhat weaker are the lines of *Cr* I; and *Cr* II is only represented in blends. The spectrum undoubtedly is variable and it is particularly noticeable in the K line of *Ca* II, as it may be seen in Figure 2. The K line has been observed with intensity ranging from that in type A₂ to A₇.

The radial velocities given in Table II were derived from wavelengths of lines identified in the spectrum of BD +46° 1913 (see Table III). Although the mean error of the plate Xf 2461 is greater than that of Xf 2524 and Xe 2571, the measurement of the strong arc line is consistent to the extent that it leads us to consider the radial velocity difference as real. Additional observations would be desirable to confirm the variations in radial velocity and determine the period of the spectral changes.

BD +46° 1913

The peculiar nature of this star was also noticed first by the author on objective prism plates. In the Catalogue of Magnetic Stars, Babcock (1958) remarks: "...shows a sharp-line spectrum with 'metallic-line' characteristics quite similar to that of 16 Orionis (standard metallic-line F₂) but with fewer faint lines. *Sr* II, *Si* II and *Cr* II are represented..." In the spectra referred to in Table IV, *Cr* I, *Eu* II and *Ti* II also have been identified, besides the blends of *Mn* I λ4030 and λ4033-34 which are outstanding. The K line of *Ca* II is near the type A₂.

A total of 24 spectrograms have been measured for radial velocity on the basis of the adopted wavelengths given in Table III. The identifications were made from Miss Moore's Multiplet Table (1945) with the aid of Hiltner's work (1945) on β Co Bor. The lines used in Xf plates are denoted in Table III by an asterisk.

Some of the lines give clear indication of being variable in intensity from plate to plate. For this reason, in some plates not all lines could be measured. Lines supposed to vary were marked in Table III by a plus sign. Otherwise, the apparent variations of intensity observed do not seem to be related to changes of wavelength. In cases of extreme underexposure only the K line was measured. Table IV contains the resulting radial velocities.

Taking into consideration the magnitude of the mean errors, there is little doubt that the star indeed varies in radial velocity. It is impossible, however, to make at the present time a definite statement with respect to the possible periodicity of the phenomenon. A period of 14.6375 would satisfy the maxima of March 13.4, April 10.3 and July 14.2, but not the minima. The negative velocities of Feb. 14.5 and March 14.4, on the other hand, suggest that the variations may not be periodic. In any case, additional observations would be highly desirable.

The autor expresses his indebtedness to the John Simon Guggenheim Memorial Foundation for the grant of the Fellowship that enabled him to spend one year in the Mount Wilson and Palomar Observatories. He also thanks Dr. I. S. Bowen and the staff of the observatories for the privileges received, and specially Dr. H. W. Babcock for his comments and interest in the present work and Dr. G. Münch for reading and also commenting the manuscript.