

Análisis Estadístico de Estrellas de HgMn

por Natalia Edith Nuñez

Presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física
como parte de los requerimientos para la obtención del grado de
Doctor en Astronomía de la

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

Marzo, 2012

©FaMAF – UNC 2012

Director: Jorge Federico González
Codirector: Emilio Lapasset Gomar

ÍNDICE GENERAL

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Conceptos sobre clasificación	1
1.2. Escala de temperaturas	4
1.3. Multiplicidad y rotación	5
1.4. Abundancias químicas	6
1.5. Estratificación	7
1.6. Procesos físicos	8
1.7. Campos magnéticos y manchas químicas	10

2. RELEVAMIENTO

2.1. Introducción	12
2.2. Instrumental: espectrógrafo REOSC	14
2.3. Criterios de selección	15
2.4. Adquisición y reducción	18
2.5. Identificación	21
2.6. Resultados	25
2.7. Discusión	26

3. VARIABILIDAD ESPECTRAL

3.1. Observaciones	31
3.2. Reducción	32
3.3. Metodología de análisis	34
3.3.1. Método 1: Inspección visual	35
3.3.2. Método 2: Cálculo de espectro varianza	37

3.3.3. Método 3: Cálculo de momentos	38
3.3.3.1. Estimación de errores	39
3.4. Discusión y conclusiones	40
4. CATÁLOGO DE ESTRELLAS DE HG MN	
4.1. Introducción	49
4.2. Fuentes	50
4.3. Determinación de parámetros	51
4.3.1. Determinación de T_{ef}, $\log g$ y $v \sin i$	51
4.3.2. Cálculo de d y M_V	51
4.3.3. Tipo espectral y presencia de elementos peculiares	52
4.4. Descripción del CEHgMn	53
4.5. Discusión del catálogo	55
4.5.1. Velocidad rotacional	55
4.5.2. Tipos espectrales	57
4.5.3. Multiplicidad y períodos orbitales	57
4.5.4. T_{ef} y $\log g$	60
4.6. A modo de conclusión	64
5. CONCLUSIONES	66
REFERENCIAS	69
APÉNDICES	
Apéndice A: Diagramas Color- Magnitud	72
Apéndice B: Listas de elementos	78
Apéndice C: Catálogo de estrellas de HgMn-CEHgMn	81

ÍNDICE DE TABLAS

1. INTRODUCCIÓN

Tabla 1.1.: Los 5 grupos de estrellas peculiares	2
Tabla 1.2.: Esquema de clasificación de estrellas químicamente peculiares	3

2. RELEVAMIENTO

Tabla 2.1.: Estrellas de HgMn en cúmulos	12
Tabla 2.2.: Estrellas seleccionadas	15
Tabla 2.3.: Estrellas observadas en DS	19
Tabla 2.4.: Observaciones realizadas en DC	20
Tabla 2.5.: Estrellas de HgMn en cúmulos	27

3. VARIABILIDAD ESPECTRAL

Tabla 3.1.: Estrellas seleccionadas para analizar	34
Tabla 3.2.: Resultados del Método 2	38
Tabla 3.3.: Resultados del Método 3	40

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.1.: Abundancias medidas vs Z. $[X]=\log X_{\text{estrella}}/X_{\text{sol}}$	7
Figura 1.2.: Esquema de la atmósfera de estrellas peculiares	9

2. RELEVAMIENTO

Figura 2.1.: Diagrama Color-Magnitud de NGC 2232 ($\log \tau=7.13$)	18
Figura 2.2.: Identificación de la línea 3984 Å en DS	23
Figura 2.3.: Identificación de líneas de elementos peculiares en DC	24
Figura 2.4.: Diagrama H-R de las estrellas de HgMn miembros de cúmulos	30

3. VARIABILIDAD ESPECTRAL

Figura 3.1.: Determinación de $v \text{ sen } i$	33
Figura 3.2.: Detección de línea variable del Hg por inspección visual	36
Figura 3.3.: Detección de línea variable del Y por inspección visual	36
Figura 3.4.: Método de varianza	37
Figura 3.5.: Región en torno de 3982.5 Å del YII	42
Figura 3.6.: Método de varianza para varias estrellas	45
Figura 3.7.: Comportamiento de los momentos del HgII vs. T_{ef}	46
Figura 3.8.: Comportamiento de los momentos del YII vs $v \text{ sen } i$	46
Figura 3.9.: Distribuciones de $v \text{ sen } i$ para estrellas variables y constantes	47
Figura 3.10.: Distribuciones de T_{ef} para estrellas variables y constantes ...	47

4. CATÁLOGO DE ESTRELLAS DE HG MN

Figura 4.1.: Distribuciones de $v \text{ sen } i$ para estrellas de HgMn y normales ..	56
Figura 4.2.: Distribuciones de $v \text{ sen } i$ para en cúmulos y campo	57

Figura 4.3.: Distribución de Tipos espectrales	58
Figura 4.4.: Multiplicidad espectroscópica de estrellas de HgMn	58
Figura 4.5.: Distribución de $\log P$	59
Figura 4.6.: Multiplicidad en estrellas de HgMn	54
Figura 4.7.: Relación entre T_{ef} fotométrica y espectroscópica	54
Figura 4.8.: Relación entre $\log g$ fotométrico y espectroscópico	60
Figura 4.9.: Distribuciones de T_{ef} para estrellas de HgMn	61
Figura 4.10.: Distribuciones de $\log g$ para estrellas de HgMn	61
Figura 4.11.: Abundancia vs T_{ef}	62
Figura 4.12.: T_{ef} vs $\log g$	63
Figura 4.13.: Diagrama H-R de estrellas de HgMn	65

5. CONCLUSIONES

Figura 5.1.: Distribución de estrellas para TYCHO y para el CEHgMn	68
---	----

AGRADECIMIENTOS

Ahora que logré llegar a esta instancia me siento muy agradecida con mucha gente que colaboró a que mi tesis pueda ser terminada.

Quiero en primer lugar agradecer a mi familia, mi esposo Miguel y mi hija Guadi, que en cada momento me acompañaron, ayudaron y se aguantaron mis ausencias. Los amo con toda mi alma.

¡Mil gracias Goros! Por siempre estar atentos a lo que me hacía falta y a dar una palabra de aliento, al igual que mi hermana Marti que siempre supo escucharme y con sus palabras darme ese abrazo que a la distancia era imposible muchas gracias a mis hermanos Mariano y Willy y sus familias por todo el apoyo y preocupación. Los quiero muchísimo!

Mil gracias a los Tibus!, que siempre estuvieron dispuestos a acompañarme durante toda mi vida y especialmente desde que me vine a vivir a San Juan. Muchas gracia Sil, por hacerme el aguante todos estos años en Córdoba, siempre nuestras charlas fueron reconfortantes. Gracias Leo por aguantarte unos días a Guadi, ella se hubiese quedado más tiempo.

Federico, aunque nos costó ponernos de acuerdo en muchas cosas te agradezco las conversaciones y discusiones en las que pudimos llevar adelante este trabajo. Obviamente que este trabajo podría haber sido mejor, pero nos llevaría muchooooo tiempo más. Emilio muchas gracias por su colaboración especialmente en lo relacionado con lo administrativo del Doctorado.

Juancho, Lau y Ana mil millones de gracias por su tiempo invertido en leer y sugerir mejoras en la redacción de mi tesis.

Naty y Mari, gracias por estos años de doctorado compartido entre viajes, muchas veces me tuvieron que aguantar mis arranques de locura cuando ciertas situaciones no eran favorables. !!Llegamos!!

Muchas gracias a Hugo por el lugar de trabajo en ICATE para llevar adelante esta tesis. Muchas gracias a los compañeros de trabajo que se aguantaban las visitas de Guadi cuando necesitaba trabajar y al mismo tiempo estar con ella.

RESUMEN

Realizamos un análisis observacional y estadístico de estrellas químicamente peculiares de HgMn. Para ello elaboramos un catálogo de este tipo de estrellas (CEHgMn) a partir de diversas fuentes, incluyendo un relevamiento espectroscópico propio realizado en cúmulos abiertos, el cual proporcionó 25 nuevas estrellas de HgMn. El CEGhMn cuenta con 208 estrellas, de las cuales 54 pertenecen a cúmulos con edades de entre 4 y 320 millones de años. Nuestro análisis muestra que el 87% de las estrellas de HgMn están en el rango de temperaturas entre 10000 K y 14000 K. La distribución de velocidades de rotación proyectada está centrada aproximadamente en 17 km s^{-1} (moda) con un valor promedio de 33 km s^{-1} . En cuanto a la multiplicidad, más del 50% pertenecen a sistemas binarios espectroscópicos, mientras que considerando también compañeras visuales, un 80% de las estrellas de HgMn forman parte de sistemas múltiples.

Además, llevamos a cabo un análisis de variabilidad espectral en una muestra de 26 estrellas de HgMn, encontrando que 14 (54%) presentan asimetrías y variaciones del perfil de línea de elementos peculiares como Hg, Mn e Y. Este tipo de variaciones son evidencia de una distribución superficial no homogénea de elementos químicos en la atmósfera de estas estrellas.

Clasificación

Física y Astronomía

- 95.75.Fg Spectroscopy and spectrophotometry
- 95.80.+p Astronomical catalogs, atlases, sky surveys, databases, retrieval systems, archives, etc.
- 98.20.Di Open clusters in the Milky Way
- 97.10.Kc Stellar rotation

Palabras Claves:

Estrellas peculiares, estrellas de HgMn, estrellas de HgMn en cúmulos abiertos, Catálogo, Análisis estadístico, parámetros físicos.

ABSTRACT

We present an observational and statistical analysis of chemically peculiar stars of the HgMn type. To this aim, we built a catalogue of HgMn stars collecting information from various sources, including our own spectroscopic survey in open clusters, which provided 25 new HgMn stars. The catalogue includes 208 stars, among which 54 belong to open clusters of ages between 4 and 320 Myr. Our analysis shows that 87% of the HgMn stars have temperatures in the range 10000-14000 K, and the rotational velocity distribution is centered at about 17 km/s (mode), with a mean value of 33 km s⁻¹. Regarding multiplicity, more than 50% are members of spectroscopic binaries, while considering also visual companions, 80% of the HgMn stars are in multiple systems.

We carried out a spectral variability analysis in a sample of 26 HgMn stars, and found that 14 of them (54%) present line profile variations in peculiar elements such as Hg, Mn, and Y. This type of variations are evidence of a non-uniform surface distribution of chemical elements in the atmosphere of these stars.

MARCO TEÓRICO

Resumen

En el presente Capítulo presentamos el Marco de referencia en el que se basa esta tesis Doctoral. Discutiremos acerca de los criterios de clasificación de las estrellas de HgMn, sus principales características y modelos que permiten explicar sus anomalías químicas. Además incluimos aspectos de reciente estudio en estas estrellas, como son la presencia de manchas y su relación con las mediciones de campos magnéticos.

1.1.. Conceptos sobre clasificación

En 1906 Lockyer & Baxandall propusieron que las estrellas podrían clasificarse por sus características químicas, ya que notaron que α And poseía líneas espectrales intensificadas (3944 Å, 3984 Å, 4137 Å, 4206 Å y 4282 Å) que no se detectaban en espectros de estrellas de la misma temperatura, por lo que no se podía ajustar exactamente a la clasificación espectral bidimensional de Morgan y Keenan. Posteriormente, estas líneas fueron identificadas (excepto 3984 Å) como pertenecientes al Mn por Baxandall (Morgan 1931), debido a lo cual se denominó a este tipo de estrellas químicamente peculiares como estrellas de Mn. Morgan (1931) listó 14 estrellas de Mn dando una frecuencia de ocurrencia máxima en los tipos espectrales B8 (11%) y B9 (18%).

Posteriormente Morgan (1933) caracterizó estrellas en el rango de tipos espectrales entre B8 y F0 y logró definir los grupos de peculiaridades que describió en la Tabla 1.1. que contiene en la primer columna el nombre de la estrella patrón del Grupo, en la segunda columna el Tipo espectral de esa estrella, la tercer columna contiene el nombre asignado al Grupo de acuerdo a la peculiaridad encontrada y la última el rango espectral de las estrellas del Grupo. También analiza la intensidad de las líneas del SiII 4128 Å y 4130 Å e identifica estrellas que presentan estas líneas anormalmente intensas, pero no las clasifica como un grupo independiente.

En 1962, Bidelman identificó a la línea de 3984 Å como del HgII (Jaschek & Jaschek, 1995), la cual estaba presente en espectros de estrellas peculiares de Manganeso, sin haber sido identificada.

Tabla 1.1: Los 5 grupos de estrellas peculiares (Morgan, 1933).

Estrella	Tipo Espectral	Grupo	Rango espectral
α And	B8	Manganeso	B8-A0
μ Leporis	B9		
θ Aurigae	B9-A0	λ 4200	B9-A0
α^2 Canum Venaticorum	A0	Europio	B9-F0
73 Draconis	A2	Cromo	A0-F0
γ Equulei	F0	Estroncio	A2-F0

En 1974, Wolf & Wolf realizaron un relevamiento de 194 estrellas pertenecientes al rango espectral entre B4 y B9, detectaron que 24 objetos de la muestra poseían líneas intensificadas de Mn y en 20 de ellos la línea 3984 Å de HgII. Este trabajo representó el primer análisis estadístico de este tipo de estrellas peculiares, permitiendo determinar que $v \text{ sen } i \leq 70 \text{ km s}^{-1}$ y que más del 70% de las estrellas tienen un valor menor a 30 km s^{-1} . Debido a esta característica sugirieron que las atmósferas de estos objetos serían lo suficientemente estables para que en las mismas se produzca el proceso de difusión, reforzando de esta manera lo propuesto por Michaud (1970). Ese mismo año, Preston (1974) propuso su clasificación de estrellas peculiares, entre las que se encuentran las de HgMn, bajo el nombre de CP3. En la Tabla 1.2. extraída de su trabajo, el autor describe en la primer columna el nombre del grupo, en la segunda el nombre asignado a las estrellas que pertenecen al grupo, en la tercer columna los criterios para que un objeto sea considerado miembro del grupo y las últimas cinco columnas corresponden a las propiedades físicas de las estrellas de los respectivos grupos en referencia a las estrellas normales del mismo rango de T_{ef} .

Tabla 1.2.: Esquema de clasificación de estrellas químicamente peculiares (CP) (Preston, 1974).

Grupo	Nombre	Criterio de descubrimiento	Otras propiedades				
			Rotación	Frecuencia de binarias	Período binarias	Temperatura (K)	Campos magnéticos
CP1	Am Líneas metálicas	CaII y/o ScII débil Elementos más pesados que Fe intensificados.	Lenta	Alta	Anormal	7000-10000	¿No?
CP2	Ap Magnéticas	Sobreabundancia de Si, Cr, Sr, Eu	Lenta	Baja	Anormal	8000-15000	SI
CP3	HgMn	Sobreabundancia de Hg II 3984 Å y/o Mn II.	Muy lenta	¿Normal?	¿Anormal?	10000-15000	¿?
CP4	He-weak	Q(Sp) > Q(UBV)	¿Lenta?	¿?	¿?	13000-20000	Algunas

Para entender a qué se refiere cuando se dice que un parámetro es normal en la Tabla 1.2, debemos aclarar cuáles son los valores correspondientes a estrellas normales en el rango espectral que incluye a las estrellas CP. La velocidad de rotación proyectada en estrellas normales es en promedio 4 veces mayor que en estrellas Ap y Am ($\sim 40 \text{ km s}^{-1}$, Preston 1974). El período de rotación que se encuentra para estrellas normales de tipos espectrales entre B6 y B9.5 es de ~ 3 días y para el caso de CP los períodos son diferentes dependiendo el grupo:

★ CP1: pueden ser de corto o largo período sin un valor preferencial.

★ CP2 y CP3: muestran una distribución bimodal con máximos en torno a 3 días y 20 días, pudiendo las CP2 tener valores mayores a 800 días (Gerbaldi, 1985).

En relación a los tipos espectrales, el 70% de las estrellas de HgMn se encuentran en el rango de B7 a B9, (Preston 1974, Wolf 1974) distribuyéndose el 30% restante entre dos rangos B5-B6 y A0-A1 (en mucho menor proporción para este último).

Como punto de partida para el análisis de las estrellas de HgMn, describiremos a continuación sus principales propiedades físicas.

1.2. Escala de temperaturas

Para la determinación de temperaturas efectivas de estas estrellas se suelen emplear técnicas espectroscópica o calibraciones fotométricas. Estas últimas suelen ser menos precisas pero permiten obtener de forma ágil un valor aproximado para la estrella.

Wolf & Preston (1978) realizaron un análisis estadístico en más de 200 estrellas B tardías y encontraron que las estrellas de HgMn tienen temperaturas efectivas en el rango de 10000 K a 16000 K.

Las calibraciones de las temperaturas fotométricas conocidas para estrellas peculiares suelen incluir una cantidad no mayor a 10 estrellas de HgMn. Basados en el sistema $\Delta\alpha$ propuesto por Maitzen et al. (1976), Netopil et al. (2008) propusieron correcciones a las determinaciones fotométricas previas para varios sistemas (UVB, Geneva, Strömgren $uvby\beta$) basados en comparaciones con determinaciones directas de T_{ef} obteniendo para el grupo CP3 correcciones no mayores a 400 K. Las calibraciones fotométricas aplicadas por Hauck & North (1993) tienen una muy buena determinación para estrellas calientes CP2.

Debido a que el flujo UV en estrellas CP es mucho más débil que el de las estrellas normales, las determinaciones de temperaturas que tienen en cuenta la parte visual del espectro suelen estar sobreestimadas (Stepien & Dominiczak, 1989). Napiwotzki et al. (1993) compararon los valores de T_{ef} obtenidos espectroscópicamente con los calculados por ellos a partir de datos de diversos sistemas fotométricos incluyendo el sistema $ubvy\beta$ de Strömgren. Consideraron que existían discrepancias importantes entre las dos determinaciones por lo que propusieron una nueva calibración basada en el sistema de Strömgren. Para el caso de las estrellas Ap (18 CP2 y 2 CP3), como tienen metalicidades y colores diferentes de las estrellas normales, proponen las siguientes calibraciones basada en la relación entre temperatura y los índices $[u-b]$ y c_1 , usando la siguiente relación de Crawford & Mandwewala (1976):

$$[u-b] = (u-b) - 1.53 (b-y) \quad (1.1)$$

obtuvieron:
$$\Theta = 0.2162 + 0.2301[u-b] \quad (1.2)$$

donde:
$$T_{ef} = 5040K / \Theta \quad (1.3)$$

Como los métodos generales usados en estrellas normales fallan para estrellas Ap, decidieron usar el parámetro c_1 (libre de enrojecimiento) en lugar de c_0 , entonces:

$$\Theta = 0.2489 + 0.2698[c_1] \quad (1.4)$$

Para las relaciones (1.2) y (1.4) encontraron una desviación del 3% en T_{ef} .

1.3. Multiplicidad y rotación

Nos parece importante la inclusión de la multiplicidad en el estudio de la población de estrellas de HgMn por cuanto la frecuencia de binarias espectroscópicas es muy elevada. Se estima que 2/3 de todas las binarias con la primaria en el rango B6-B9 involucra una estrella de HgMn (Gerbaldi et al. 1985; Hubrig y Mathys, 1996; Hubrig 1998).

Wolf & Preston (1978) realizaron un análisis estadístico en más de 200 estrellas B tardías y encontraron que poseen $v \text{ sen } i < 100 \text{ km s}^{-1}$ y el 80% tienen $v \text{ sen } i < 30 \text{ km s}^{-1}$. Gerbaldi et al. (1985) mostraron que al igual que las estrellas normales, las estrellas peculiares no tienen una concentración de sistemas binarios con período orbital ~ 15 días y baja excentricidad, lo que significaría que sus órbitas estarían circularizadas. Además encontraron muy pocos o ningún sistema binario que posea período corto y excentricidad grande. Su muestra de estrellas de HgMn no tiene sistemas con períodos por debajo de 3.11 días pero la relación de Tipo espectral vs Período, definido para binarias espectroscópicas de componentes idénticas (Martinov, 1937), prevé que pueden existir sistemas con períodos más cortos.

La mayoría de los sistemas binarios, con componente de HgMn que se conocen, poseen periodos orbitales menores a los 20 días. Además, no se han encontrado sistemas de este tipo con períodos menores a los 3 días, los cuales son comunes entre las estrellas normales de tipo B tardíos (Hubrig & Mathys 1996; North & Debernardi, 2004). Por otro lado Ryabchikova (1998) sugirió que en todas las binarias que contienen una estrella de HgMn y una compañera con temperatura menor a 10000 K, ésta última es una estrella Am (A metálica). Además, Adelman et al. (2003), sugirió que las estrellas de HgMn estarían evolutivamente relacionadas con las estrellas Am.

Shöller et al. (2010) llevaron a cabo recientemente una búsqueda de compañeras visuales de 56 estrellas de HgMn utilizando imágenes con óptica adaptable (*adaptive optic*), en el infrarrojo cercano, con VLT¹(*Very Large Telescope*). En este trabajo, encontraron una tasa de multiplicidad del 91%. Además compararon sistemas binarios con componente primaria de tipo espectral B tardío del *9th Catalogue of Spectroscopic Binary Orbits* (Pourbaix et al. 2004), y encontraron una fuerte correlación entre las anomalías de HgMn y la pertenencia a sistemas binarios.: de los 21 sistemas de dicho catálogo con una componente principal de baja rotación ($v \text{ sen } i < 70 \text{ km s}^{-1}$) de tipo espectral B tardío, con magnitud aparente hasta $V < 7$ y períodos orbitales entre 3 y 20 días, sólo uno de ellos no posee componente primaria del tipo HgMn. Esto indicaría que las estrellas de

1 <http://www.eso.org/public/teles-instr/vlt.html>

tipo espectral B tardío y baja rotación, pertenecientes a sistemas binarios y con determinados parámetros orbitales, serían candidatas a presentar este tipo de anomalías químicas.

Un caso interesante es el del sistema cuádruple AO Vel, en el que todas sus componentes son peculiares, con patrones de abundancias diferentes, siendo las 2 estrellas menos masivas estrellas de HgMn. Las dos más masivas muestran variaciones de perfiles espectrales lo que indicaría la presencia de manchas en su superficie (González et al. 2010).

Sin embargo, estos estudios no son suficientes para obtener una fuerte correlación entre binaridad, baja rotación y las anomalías de Hg y Mn en las estrellas B tardías. Quizás la razón sea que no se logra determinar cuales serían los procesos que acontecen en estrellas múltiples que puedan originar un patrón de abundancias peculiar distinto de las estrellas normales en el mismo rango de temperaturas.

1.4. Abundancias químicas

Como puede apreciarse en la Figura 1.1. además de presentar una notable sobreabundancia del Hg (~4 dex) y Mn (~2 dex), existen elementos con sobreabundancias de ≥ 2 dex: Be, Ga, Y, Pt, Xe Eu y elementos con deficiencia en su abundancias ≤ -0.5 dex: He, N, Mg, Al, Ni, Zn. (Takada, 1991). Cuando Bidelman (1962) identificó la línea de HgII 3984 Å en χ Lup, ι CrB, κ Cnc, notó una diferencia en la longitud de onda de esta línea entre χ Lup, κ Cnc, lo que derivó en el estudio detallado de los isótopos de este elemento. Hubrig et al. (1999) analizaron 4 estrellas de HgMn de baja rotación (con espectros de alta resolución) y determinaron abundancias isotópicas para HgII y PtII encontrando que en estrellas frías ambos elementos se concentran en sus isótopos más pesados.

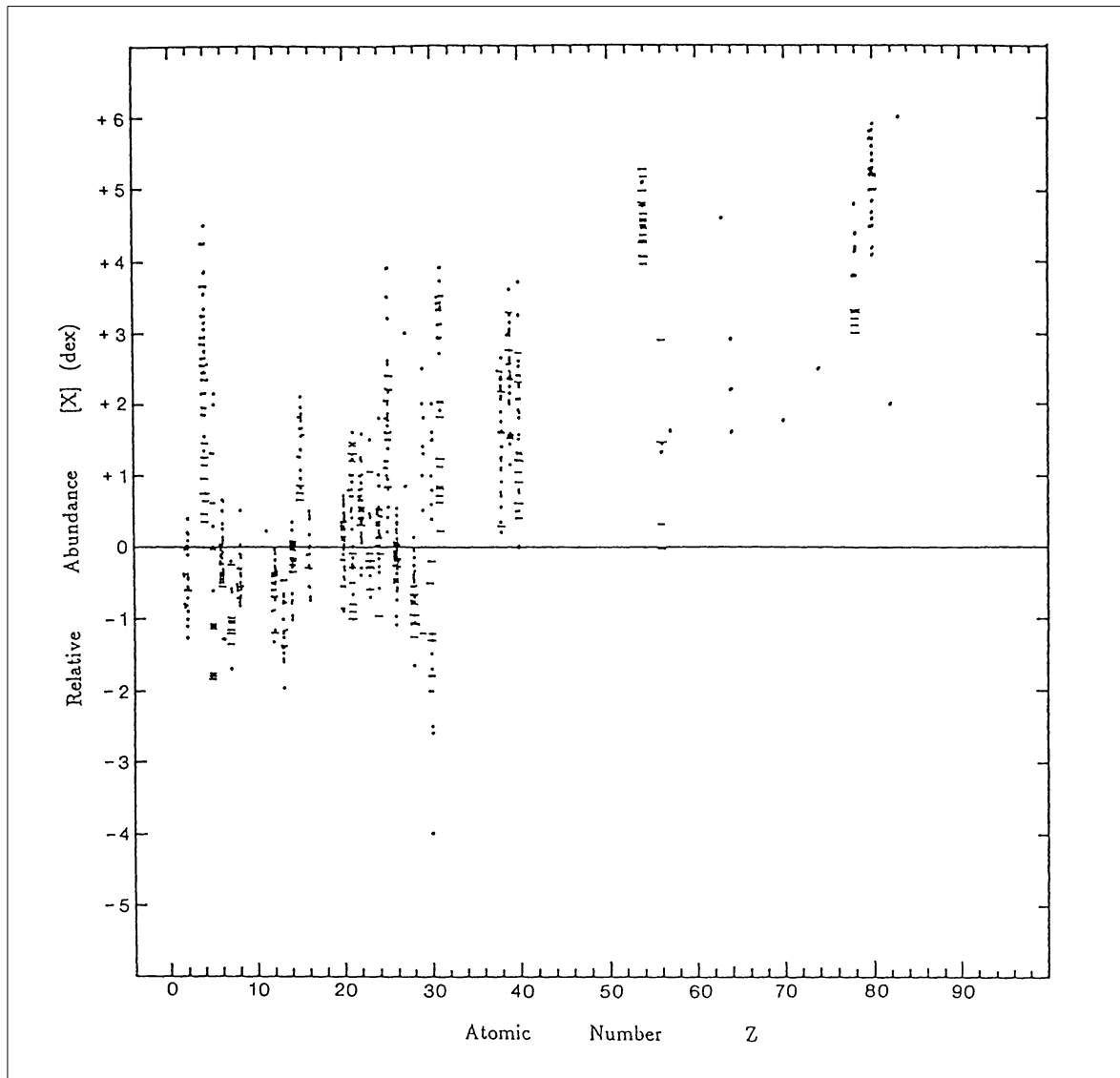


Figura 1.1.: Abundancias medidas (X) vs número atómico (Z).

$$[X] = \log X_{\text{estrella}} / X_{\text{sol}}. \text{ (Takada, 1991)}$$

1.5. Estratificación

Desde el año 1993 se comenzó a buscar evidencia observacional del proceso de estratificación en estrellas peculiares. Lanz et al. (1993); Smith et al. (1993); y Smith (1995 y 1996) analizaron Ga y los elementos del pico de Fe. En la misma época Leone et al. (1997) estudiaron estratificación en líneas del Mg, obteniendo de esta manera una confirmación a favor de los procesos de difusión en la

atmósfera de estrellas peculiares. Posteriormente se vio en las estrellas CP3, diferencias en la determinación de abundancia del Ga medida en el UV o en el visual, efecto que se conoce como *problema del Ga*, el cual podría deberse a inconvenientes en los parámetros asumidos en la estructura atómica de las líneas (Dworetzky et al. 1998).

Savanov & Hubrig (2003) encontraron evidencia de la distribución vertical de Cr en la atmósfera de 9 de 10 estrellas de HgMn analizadas y sería posible que el parámetro que determina la estratificación vertical sea dependiente de la T_{ef} , siendo mayor para estrellas más calientes.

En el trabajo más reciente sobre estratificación, Thiam et al. (2010), analizaron 22 iones de 16 elementos en 4 estrellas de HgMn y encontraron que solo en una estrella (HD 178065) existe una dependencia de la abundancia de Mn con la profundidad óptica.

1.6. Proceso físicos

Una vez establecidas las características físicas y espectroscópicas típicas que definen a las estrellas químicamente peculiares y especialmente a aquellas de HgMn, el siguiente paso consistió en la formulación de un modelo físico de su atmósfera que explique este fenómeno. Comentaremos a continuación los principales modelos propuestos a lo largo de los años para explicar las estrellas CP y en particular a las CP3.

El primer modelo que explicaba las abundancias observadas en estrellas Ap fue propuesto por Michaud (1970) quien sugirió que si la atmósfera de una estrella es lo suficientemente estable puede originar las abundancias anómalas observadas por procesos de difusión inducidos por presión de radiación. Por otro lado Havnes & Conti (1971) propusieron que las estrellas Ap que posean campos magnéticos rotantes, interactúan de forma selectiva con el medio interestelar, lograron explicar las abundancias de tierras raras, pero no las del Hg y Pt. Guthrie (1971) analizó procesos nucleares y no nucleares responsables de las anomalías en estrellas Ap cuando son componentes secundarias de sistemas binarios donde la estrella primaria evolucionó y explotó como una supernova tipo II: básicamente el exceso de tierras raras indica la presencia de acreción magnética, mientras que el exceso de Pt y Hg se debería a la transferencia de material de la vecina supernova.

Charbonneau & Michaud (1998) propusieron un modelo de transporte bidimensional (difusión y rotación meridional). Encontraron que la velocidad

rotacional ecuatorial máxima que permite el asentamiento gravitacional del He debe ser menor a 75 km s^{-1} , ya que si esto sucede y desaparece la zona convectiva de He, las abundancias anómalas se hacen evidentes.

Turcotte (2005) utilizando técnicas de astrosismología en estrellas no magnéticas peculiares, propuso para la atmósfera de una estrella de HgMn que el mecanismo fundamental de formación de peculiaridades debería ser la combinación de difusión y algún otro mecanismo que permita la mezcla de elementos, quizás convección, turbulencia o circulación meridional. De esta manera se podrían originar inhomogeneidades en la superficie de las estrellas químicamente peculiares. En la Figura 1.2. representamos los procesos que ocurren a distintas profundidades en la atmósfera de estas estrellas. Los círculos representan la zona de convección, las líneas oblicuas región no convectiva, con la presencia de procesos turbulentos que permiten la mezcla. La presencia o ausencia de la región convectiva aún no es conocida. La región más profunda de la zona de convección en las estrellas de HgMn aparece sólo cuando los elementos del pico de Fe se acumularon en esa región por procesos de difusión.

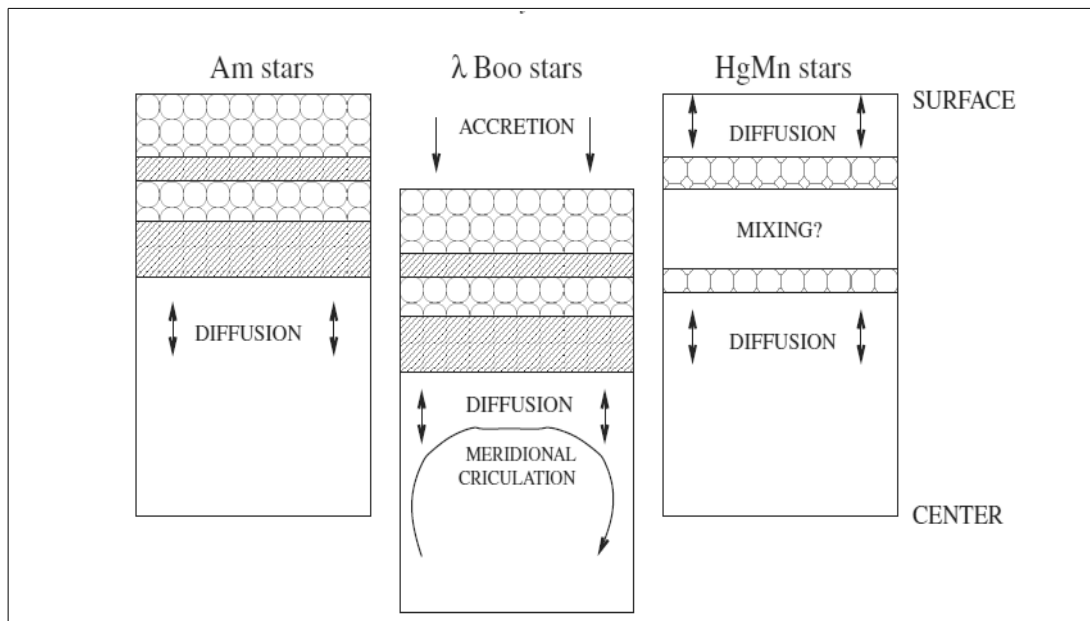


Figura 1.2.: Esquema de la atmósfera de estrellas peculiares (Turcotte, 2005).

1.1.7. Campos magnéticos y manchas químicas

La formación de estructuras de larga duración en las superficies de las estrellas es comúnmente atribuida a la acción de fuertes campos magnéticos. Este paradigma es apoyado por las observaciones de la evolución de manchas frías en el Sol, estrellas activas tipo tardías y manchas químicas estacionarias en estrellas de tipo tempranas magnéticas. Desde que Preston (1974) definió los 4 grupos de estrellas CP, se suponía que las estrellas de HgMn no poseían campos magnéticos, pero se encontraron indicios de que en estas estrellas el Hg y Mn podrían tener una distribución superficial no homogénea de estos elementos llamadas manchas químicas. Hubrig & Mathys (1995) encontraron en binarias de HgMn una relación estadística entre inclinación orbital e intensidad de Hg y Mn, que los lleva a proponer que el Mn se encuentra distribuido preferencialmente en los polos y el Hg en el ecuador de estas estrellas.

Sin embargo en estrellas como α And, AR Aur, HD 11753 y la muestra del presente trabajo (ver Capítulo 3) dan evidencia de que la formación de estructuras en la atmósfera de estrellas de HgMn es una característica común a pesar de que en la mayoría no se detectaron campos magnéticos. La posibilidad de que estas estrellas tengan campos magnéticos ha sido evaluada en los últimos años arrojando resultados poco alentadores en el sentido general, ya que en casos como el de AR Aur se obtuvieron resultados contradictorios. Hubrig et al. (2006) lograron medir en esa estrella campos magnéticos longitudinales del orden de cientos de Gauss con 3σ de confianza con espectropolarimetría, mientras que Folsom et al. (2010) con espectropolarimetría en una época de observación diferente miden un campo longitudinal de 57 ± 33 G, considerando que no es un campo significativo.

Otros esfuerzos en la detección de campos magnéticos incluyeron muestras más numerosas de estrellas de HgMn. Hubrig et al. (2006) en una muestra de 17 estrellas de HgMn sólo lograron medir campo magnético en 4 (HD 358, HD 65949, HD 65950, HD 175640). En un trabajo más reciente, Makaganiuk et al. (2010) estudiaron 41 estrellas de HgMn y no detectaron campo magnético en ninguna, atribuyendo este resultado a que quizás la estructura del mismo sea muy compleja. Por lo que, para llegar realmente a respuestas que se puedan generalizar, sería necesario un seguimiento detallado en un período de tiempo extenso.

Paralelamente a los trabajos orientados a la detección de campos magnéticos en las estrellas de HgMn, en los últimos años se ha acrecentado la evidencia de la

existencia de distribución no homogénea de elementos que denominamos manchas químicas, en algunos casos posiblemente variables en el tiempo.

La presencia de manchas se obtienen como resultado del análisis de perfiles de líneas variables como es el caso de α And, la primer estrella de HgMn en la que se comprobó la existencia de una distribución no uniforme de Hg (Wahlgren et al. 2001; Adelman et al. 2002). Más tarde, Kochukhov et al. (2005), analizando el comportamiento de la línea de HgII 3984 Å, encontraron variaciones del perfil en la estrella HR 8723 de una muestra de 6, mientras que HR 1185 mostró asimetrías que sugieren manchas químicas. AR Aur es una de las estrellas más analizadas en relación a este tópico, ya que existen variaciones claras de ciertos elementos químicos (Sr, Y, Zr) (Hubrig et al. 2006). Además, se logró realizar el primer esquema de la distribución de los elementos Y, Mn, Hg y Sr, variables en su superficie (Savanov et al. 2009).

Recientemente, mediante la medición de mapas Doppler en forma reiterada en intervalos de tiempo de meses a años, se obtuvo evidencia de que los patrones de manchas podrían ser variables en el tiempo. Este tipo de análisis se publicó hasta el momento sólo para dos estrellas: α And (Kochukhov et al. 2007) y HD 11753 (Briquet et al. 2010; Korhonen et al. 2011).

Podemos decir que la existencia de manchas químicas se confirmó claramente, pero la presencia de campos magnéticos es aún discutida, por lo que la relación física de las manchas con el campo magnético no está aún establecida.

A partir de lo descrito en el presente Capítulo, vimos que sería interesante generar una muestra estadísticamente representativa de estrellas de HgMn, para conocer cuales son los parámetros físicos que definen a una estrella de tipo espectral en el rango de B5-A1 como peculiar del grupo CP3.

En los Capítulos siguientes describimos el relevamiento realizado en cúmulos abiertos que nos permitió aumentar la muestra de estrellas conocidas en este tipo de ambientes (Capítulo 2). Los análisis realizados a estrellas de HgMn para conocer su posible variabilidad espectral, que como expusimos tienen relación con una distribución no homogénea de elementos peculiares en la atmósfera de estas estrellas los presentamos en el Capítulo 3. En el Capítulo 4 describimos y analizamos el Catálogo generado de estrellas de HgMn (CEHgMn). Finalmente en el Capítulo 5 exponemos las conclusiones en relación a las características que tienen las estrellas de HgMn, a partir del análisis estadístico realizado y proponemos ciertos modelos que nos permiten explicar las anomalías químicas observadas en estos objetos.

RELEVAMIENTO

Resumen

En el presente Capítulo detallamos los criterios, datos y análisis realizados para llevar a cabo un relevamiento en cúmulos abiertos visibles desde latitud -31° , con la intención de aumentar el número de estrellas de HgMn catalogadas en cúmulos ya que hasta el momento se tenían conocidas 30 estrellas pertenecientes al *General Catalogue of Ap and Am stars* (Renson & Manfroid, 2009). El relevamiento permitió clasificar como de HgMn a 25 nuevos objetos.

2.1. Introducción

Pocos estudios de búsqueda sistemática de estrellas peculiares en cúmulos fueron realizados. Abt (1979) llevo a cabo un análisis en relación a las estrellas anormales en cúmulos, basado en trabajos sistemáticos de Levato & Abt (1976, 1977 y 1978), Morgan y él mismo de 661 estrellas en 14 cúmulos, de las cuales solo 9 estrellas en 5 cúmulos son de HgMn. Posteriormente a ese trabajo sólo aparecieron algunas estrellas descubiertas al realizar estudios de binaridad (González & Levato, 2009) y búsqueda de estrellas jóvenes en la Asociación de Orion OB1 (Wolf & Lambert, 1999). En la Tabla 2.1. mostramos una lista de las estrellas de HgMn conocidas hasta el presente en cúmulos, en la 1^{er} columna colocamos el nombre del cúmulo del que la estrella es miembro, en la 2^{da} columna el número asignado en la base de datos WEBDA², en la 3^{er} columna la identificación de la estrella obtenida del *General Catalogue of Ap and Am stars* (Renson & Manfroid, 2009) o bien de WEBDA.

Tabla 2.1.: Estrellas de HgMn en cúmulos.			
Cúmulo	No	Identificación	Notas
Cr 121	30	HD 53244	Mn Hg. Renson & Manfroid (2009)
Cr 69	4	HD 36881 A	Hg Mn. Renson & Manfroid (2009)
Orión Ob1		HD 34364 A	Hg Mn. Renson & Manfroid (2009)
IC 4665	76	HD 161698	Hg Mn. Abt & Levato (1975)

² <http://www.univie.ac.at/webda/navigation.html>

Cúmulo	No	Identificación	Notas
IC 4756	40	HD 171931	Blue Straggler, Mn. Pendl & Seggewiss (1976).
	58	HD 172012	Blue Straggler, Hg Mn Si. Pendl & Seggewiss (1976).
	117	HD 172248	Hg Mn, Si λ 4200. Pendl, E.S.; Seggewiss, W (1976).
	40	HD 171931	Mn. Renson & Manfroid (2009)
	58	HD 172012	Hg Mn. Renson & Manfroid (2009)
Melotte 22	3325	HD 23950	Hg Mn. Betaud & Floquet (1974).
	785	HD 23408	He wk. Mn. Renson & Manfroid (2009)
NGC 752	209	BD +36 367	Hg Mn. Renson & Manfroid (2009)
NGC 1039	263	HD 16693	Hg Mn. Abt & Levato (1977) Mn. Ianna (1970)
	W2369	HD 17280	Mn Hg. Renson, & Manfroid (2009)
NGC 1528	1	HD 26603	Hg Mn. Renson & Manfroid (2009)
NGC 2251	1	HD 259954	Hg Mn. Renson & Manfroid (2009)
NGC 2287	103	HD 49023	Hg. Levato & Malaroda (1979) Hg Si. Renson & Manfroid (2009)
	105	HD 49025	Hg Mn. Levato & Malaroda (1979)
	106	HD 49022	Hg Mn. Harris et al. (1993)
	116	HD 49024	Hg Mn. Levato & Malaroda (1979)
NGC 2323	51	TYC 5381-2436-1	Hg. Young & Martin (1973)
NGC 2396	19	HD 59067 C	Hg. Renson & Manfroid (2009)
NGC 2516	20	HD 66259	λ 3984? Abt, H. A.; Morgan, W. W. (1969)
	23	HD 66409	MnII? Abt & Morgan (1969) Mn Ti. Renson & Manfroid (2009)
	91	HD 65949	λ 3984. Abt & Morgan (1969)
	126	HD 65950	MnII. Abt & Morgan (1969)
	129	TYC 8911-3392-1	MnII. Abt & Morgan (1969)
	20	HD 66259	Hg Mn. Renson & Manfroid (2009)
NGC 3114	211	HD 87752	Hg Mn. Levato, H.; Malaroda, S. (1975)
NGC 6633	39	HD 169842	Sr Cr Mn. Levato & Abt (1977)

En su trabajo sobre sobre estrellas peculiares en cúmulos, Abt (1979) encontró que las estrellas de HgMn en cúmulos tienen magnitudes absolutas M_v en el rango -1.4 a 0.5; la frecuencia de ocurrencia de HgMn en cúmulos está en el rango de 4.3% a 7.9% y para estrellas de campo es bastante incierta ya que va de 3.5% a 30% o más.

Vimos que la información estadística en cúmulos no se desarrolló en los últimos 30 años, por lo que consideramos que era importante realizar un relevamiento sistemático en cúmulos abiertos para detectar nuevas estrellas de HgMn, ya que podríamos conocer el ambiente en el cual evolucionan estas estrellas y acceder a información tan importante como la edad y la distancia. La cantidad de estrellas conocidas de HgMn en cúmulos es de 30 y se esperaría que fuesen más frecuentes ya que las estrellas en el rango B8-B9 suelen ser brillantes en los cúmulos de las que son miembros. A continuación describimos el instrumental utilizado en el relevamiento realizado.

2.2. Instrumental: espectrógrafo REOSC

El instrumental empleado nos limitó en magnitud visual y por eso se definió como uno de los criterios de selección de la muestra que en el siguiente apartado describimos.

El espectrógrafo REOSC es un espectrógrafo echelle que se monta al telescopio Jorge Sahade de 2.15 m del CASLEO (Complejo Astronómico el Leoncito ubicado en San Juan, Argentina). Es capaz de trabajar desde 3500 Å hasta 7500 Å en dos modos operativos: dispersión cruzada (DC) y dispersión simple (DS). Para este último se reemplaza la red echelle por un espejo plano.

Para observar el campo y realizar un correcto calaje del objeto a observar usamos una cámara StellaCam o ST-7. El detector que usamos fue un CCD TEK de 1024×1024 píxeles de 24 μ de lado, con ganancia de 1.98 electrones/ADU, ruido de lectura de 7.4 electrones y corriente oscura 0.4 electrones/hora píxel. Algunas otras especificaciones en relación a las redes se encuentran disponibles en el manual de usuario de la página del CASLEO³.

³ <http://www.casleo.gov.ar/instrumental/js-reosc.php>

2.3. Criterios de selección

Basándonos en las características de las estrellas de HgMn presentadas en el Capítulo 1, decidimos que una estrella debía cumplir la mayoría de los siguientes criterios para que la consideráramos candidata para ser observada:

1. Tipo espectral entre B5 y A1 o índice de color (B-V) entre -0.11 y 0.15.
2. Una magnitud aparente V mas brillante que 10.5 y una magnitud absoluta visual Mv que podía estar en el rango de 2 a -3.

La muestra de cúmulos se encuentra en el rango de ascensiones rectas entre 0 y 20 hs. En cada uno de los cúmulos seleccionados observamos entre 3 y 10 estrellas. Según el módulo de distancia de cada cúmulo, el rango de magnitudes aparentes de los objetos fue de 6 a 10.3 magnitudes. Una vez que realizamos la selección de posibles cúmulos, recopilamos información de SIMBAD⁴ de los mismos dando como dato de entrada además del nombre del cúmulo, el diámetro, que obtuvimos de los Catálogos de Dias et al. (2002), Kharchenko et al. (2005) y van den Bergh (2006). Realizamos una revisión bibliográfica para “limpiar” la lista de estrellas que ya hubiesen sido estudiadas y clasificadas como de HgMn u otra peculiaridad. En la Tabla 2.2 listamos los cúmulos en la primer columna, la identificación de las estrellas seleccionadas obtenida de WEBDA o SIMBAD en la segunda y en la última columna la cantidad de estrellas seleccionadas en cada cúmulo. El número total de estrellas seleccionadas fue de 454 en 48 cúmulos.

Tabla 2.2.: Estrellas seleccionadas		
Cúmulo	Identificación	N°
Blanco 1	#3 #37 #42 #61 #75 #86 #88 # 96 #134	9
Cr 121	#3 #2 #9 #11 #16 #20 #21 #30 #36 #46	10
Cr 132	#46 #3 #16 #17 #19 #22 #27 #30	8
Cr 135	CD-36 3552 #12 #13 #18 #19 #20	6
Cr 140	#34 HD 58216 HD 58397 HD 58398 HD 58395 HD 58396 HD 57944 HD 57991 HD 57912 HD 58534 HD 57759 HD 58702 HD 57945 HD 58233	14
Cr 213	#9 #17 #2	3
Cr 223	#2 #4	2
Cr 394	#2 #12 #22 #24 #61	5
IC 2391	#2 #3 #7 #29 #32 #41 #42 #46	8

4 <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>

Tabla 2.2.: Estrellas seleccionadas		
Cúmulo	Identificación	N°
IC 2488	HD 302225 HD 302216 HD 302222 HD 302208 HD 302173	5
IC 2602	HD 92467 HD 92478 HD 92536 HD 92715 HD 92738 HD 92989 HD 93098 HD 93549 HD 93738 HD 94174	10
IC 4665	#22 #23 #43 #73 #76	5
NGC 1662	#2 #3 #4 #5 #6 #7 #8 #11 #17 #37 HIP 22416 STOCK 962	12
NGC 1976	HD 36865 HD 36918 HD 37131 HD 36655 HD 36671 TYC 4778-1377-1 HD 37059 BD-06 1255B HD 36843 HD 36919 HD 37060 HD 37078 HD 36866 HD 36899 HD 294262 HD 37130	16
NGC 2232	#103 #1 #3 #5 #6 #7 #8 #9 #10 #11 #12 #13 #14 #15 #16 #18 #19 #20 #21 #22 #23 #24 #25 #28 #30 #32 #33 #35 #36 #37 #38	30
NGC 2251	HD 30598 #13 #34	3
NGC 2264	BD+10 1219 HD 260860 HD 260958 HD 261086 HD 261583 HD 261904 HD 261936 HD 261940 HD 262177 HD 262371 HD 263003 HD 47337 HD 47397 HD 47469 HD 47553 HD 47662 HD 47754 HD 47838 HD 48331 TYC 750-955-1	20
NGC 2287	#1 #2 #3 #5 #6 #20 #23 #25 #30 #39 #44 #51 #61 #63 #70 #84 #85 #93 #101 #103 #104 #105 #108 #106 #116	25
NGC 2301	#2 #8 #9 #39 #28 #145 #146 #147	8
NGC 2323	#1 #2 #4 #39 #157	5
NGC 2244	HD 258985 HD 259480 HD 259511 HD 46057 HD 45996 HD 258756 HD 46388	7
NGC 2422	#6 #21 #25 #29 #31 #32 #34 #43 #47 #54 #62 #65 #68 #70 #73 #74 #75 #78 #82 #89 #91 #133 #137 #166	24
NGC 2437	#2 #481	2
NGC 2451	#22 #23 #24 #36 #131 #140 #148 #161 #162 #179 #182 #185 #186 #188 #190 #200 #202 #203 #209 #218 #237 #239 #243 #246 #248 #249 #255 #266 #268 #270 #276 #287 #291	33
NGC 2546	#10 #90 #313 #333 #354 #355 #469 #476 #698	9
NGC 2547	HD 68073 HD 68114 HD 68115 HD 68274 HD 68305 HD 68325 HD 68396 HD 68397 HD 68398 HD 68432 HD 68451 HD 68452 HD 68495 HD 68496 HD 68516 HD 68558 HD 68578 HD 68608 HD 68631 HD 68698 HD 68810	21
NGC 2579	#23 #37 #66	3
NGC 2670	#2	1
NGC 3114	#1 #2 #3 #4 #7 #8 #12 #20 #67 #86 #94 #108 #122 #136 #148 #164 #205 #210 #211	19
NGC 3324	#1 #3 #119	3

Tabla 2.2.: Estrellas seleccionadas		
Cúmulo	Identificación	N°
NGC 3532	#14 #21 #37 #38 #49 #60 #63 #65 #87 #93 #134 #139 #154 #155 #163 #175 #215 #317 #409 #420 #631 #695	23
NGC 3766	#314 #316	2
NGC 4103	#8 #10 #12	3
NGC 5281	#1 #2 #4 #8 #9 #1432	6
NGC 5316	#2 #118	2
NGC 5662	#47 #61 #81 #136 #184	5
NGC 6025	#3 #7 #12 #8 #43	5
NGC 6087	#1 #2 #15 #22 #23	5
NGC 6124	#15 #30 #34 #44	2
NGC 6281	#5 #6 #8 #11 #13	5
NGC 6405	#72 #128	2
NGC 6475	#14 #56 #77 #108	4
NGC 6530	#9 #73	2
NGC 6694	#6 #29	2
NGC 6716	#5 # 46	2
Rup 145	#17 #50 #83	3
Rup 147	#14 # 60 #206 #278 #330 #482 #505 #530 #535	9
Tr 10	HD 82919 HD 75290 HD 75258 STOCK 545 CD-41 4504 HD 75239 CD-42 4619 CD-42 4641 STOCK 645 HD 75347 STOCK 425 STOCK 423 HD 75446 STOCK 455 STOCK 542 HD 75477 STOCK 433 STOCK 446 STOCK 382 STOCK 622 STOCK 648 CD-41 4493 STOCK 232 HD 75533 T 799 CD-41 4496 HD 75008 HD 75127 HD 75083 STOCK 247 STOCK 654 STOCK 72 STOCK 724 STOCK 960 STOCK 56 STOCK 883 STOCK 98 STOCK 973 STOCK 64 STOCK 491 STOCK 13 STOCK 3 STOCK 67 STOCK 252 STOCK 873 STOCK 289	46

Hacemos notar que la numeración de la estrella en cada cúmulo corresponde a la dada en WEBDA, a no ser que denotemos como HOAG7 o STOCK542, lo cual corresponde a la numeración obtenida de SIMBAD.

Realizamos Diagramas Color – Magnitud de cada cúmulo, mostramos a modo de ejemplo en la Figura 2.1. el correspondiente a NGC 2232. El resto de los diagramas de los cúmulos que observamos y detectamos estrellas de HgMn se presentan en el Apéndice A.

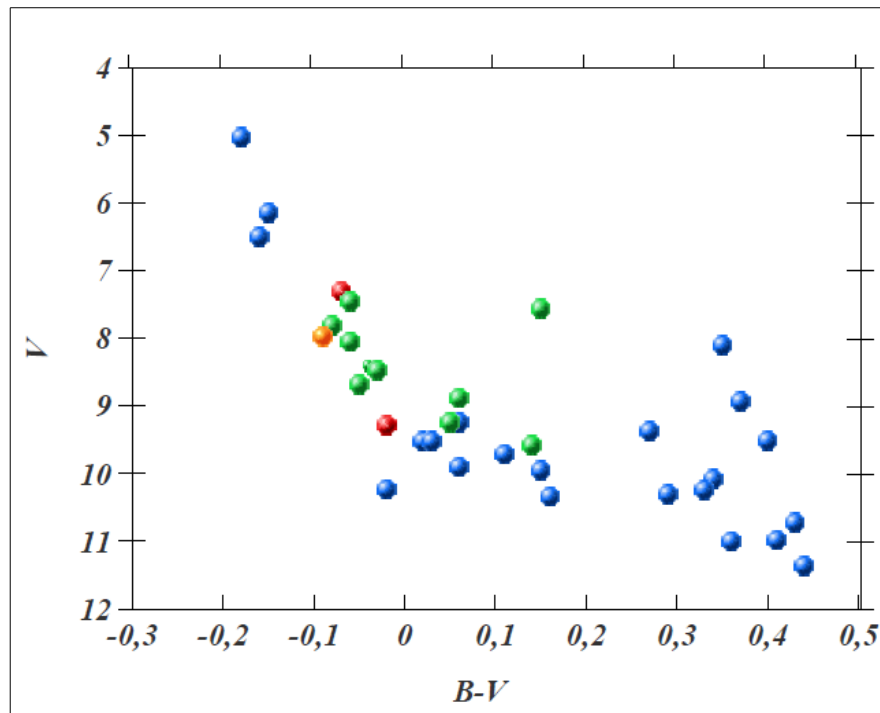


Figura 2.1: Diagrama Color-Magnitud de NGC 2232 ($\log \tau = 7.13$). Los puntos verdes representan las estrellas que se observaron, naranja las ya estudiadas y clasificadas o no como estrellas CP y en rojo las seleccionadas para observar y que no se observaron, los puntos azules corresponden al resto de las estrellas del cúmulo.

2.4. Adquisición y reducción

Contamos con turnos en enero, abril, julio y diciembre de 2007, abril de 2008 y diciembre del 2009. Decidimos emplear en los dos primeros la modalidad de DS con la intención de obtener una mayor cantidad de espectros, pero vimos que la resolución no era adecuada para una buena identificación por lo que decidimos emplear DC en los posteriores turnos. Los espectros adquiridos tienen un poder resolvente de 1200 en DS y de 13000 para DC, cubren un rango espectral entre 3500 Å y 6100 Å, abarcando las regiones de la línea de HgII en 3984 Å y las de MnII en 4137 Å, 5296 Å y 5302 Å entre otras, que nos permiten identificar a las estrellas como de HgMn.

Para DS la configuración elegida fue: red de 600 l/mm con un ángulo de inclinación de 8°10', decker 7 y el ancho de la ranura variable de 150 μ a 200 μ dependiendo del seeing al momento de la observación. Para el caso de DC la red seleccionada fue la de 400 l/mm, el decker 7 y un ancho de ranura de 200 μ.

Además contamos con observaciones del relevamiento en cúmulos realizado por Levato y González para la búsqueda de estrellas binarias que se desarrolló durante los años 2000 a 2005 con el mismo espectrógrafo en DC, donde algunas de estas estrellas habían sido clasificadas como probables peculiares. De ahora en más ambas muestras conforman lo que llamaremos *el relevamiento*. El número total de cúmulos observados en el relevamiento fue de 47 y los mismos se distribuyen en el rango de ascensiones rectas de 0 h a 20 hs y de declinaciones entre 15° y -90°.

En la Tabla 2.3. mostramos el detalle de las observaciones en DS y en la Tabla 2.4. el correspondiente a las observaciones adquiridas en DC, detallando en cada una de las mismas a que cúmulo pertenece cada estrellas observada, el número de la estrella en el cúmulo (obtenido de WEBDA) y la cantidad de espectros obtenidos para el cúmulo, ya que en algunos casos fue necesario obtener más de un espectro por estrella para poder obtener mejor relación señal ruido (S/R). Cabe aclarar que observamos algunas estrellas de HgMn conocidas con la intención de usarlas como prueba para saber cual era el comportamiento del instrumental ante sus rasgos espectrales, y nos permitiera tener un template de comparación.

Realizamos la reducción de todos los espectros obtenidos con los paquetes *ccdred*, *echelle* y *onedspec* de IRAF para el caso que correspondiese. Posteriormente, calculamos las velocidades radiales mediante el método de correlaciones cruzadas descrito por González & Levato (2006). Finalmente extrajimos de la base de datos BLUERED⁵ espectros templates de temperatura y *Log g* similares a las estrellas observadas.

Tabla 2.3.: Estrellas observadas en DS		
Cúmulo	Identificación	Cantidad de espectros
Cr 121	#2 #9 #11 #16 #30 #36 #46	7
Cr 132	#16 #17 #19 #22 #27 #3 #30	7
Cr 213	#17 #2	2
Cr 223	#4	1
IC 2488	#99	1
NGC 1976	#1441	1

⁵ <http://www.inaoep.mx/~modelos/bluered/individual.html>

Tabla 2.3.: Estrellas observadas en DS		
Cúmulo	Identificación	Cantidad de espectros
NGC 2232	#6 #7 #8 #9 #10 #12 #13 #14 #15 #18 #19 #20 #21 #28	14
NGC 2287	#2 #20 #25 #30 #44 #51 #61 #70 #84 #103 #104 #105 #106 #108 #116 #119	16
NGC 2323	#2 #157	2
NGC 2422	#21 #32 #65 #75 #78 #89	6
NGC 2451	#22 #36 #131 #148 #161 #162 #186 #202 #218 #237 #239 #249 #255 #266 #268 #291	17
NGC 2546	#354 #355 #476 #698	4
NGC 2579	#23	1
NGC 2670	#2	1
NGC 3114	#1 #2 #3 #4 #7 #12 #67 #86 #94 #108 #136 #148 #164 #205 #210	17
NGC 3324	#1 #3	2
NGC 3766	#316	1
NGC 4103	#8	1
NGC 5281	#1	1
NGC 5316	#2 #118	2
Tr 10	#17	1

Tabla 2.4.: Observaciones realizadas en DC		
Cúmulo	Identificación	Cantidad de espectros
Blanco 1	#3 #37 #42 #61 #75 #86 #88 #96 #134	21
Cr 140	HD 58395 HD 58397 HD 58398	3
Cr 394	#2 #12 #22 #24 #61	11
IC 2391	HD 73503 HD 73681 HD 73951	3
IC 2602	HD 92467 HD 92478 HD 92536 HD 92715 HD 92738 HD 92989 HD 93098 HD 93549 HD 93738 HD 94174	10
IC 4665	HD 161698	1
NGC 1662	HD 287151 HD 30457 HD 30492 HD 30598	4
NGC 2232	HD 45153 HD 45434 HD 45516 HD 45517 HD 45532 HD 45583 HD 45627 HD 45975 #22	14

Tabla 2.4.: Observaciones realizadas en DC		
Cúmulo	Identificación	Cantidad de espectros
NGC 2264	HD 47553	1
NGC 2301	HD 50085 HD 50086 HD 50087 #9	4
NGC 2451	HD 61621 HD 61924 HD 62376 HD 62961 HD 63307 HD 63602	6
NGC 2547	HD 68398 HD 68432 HD 68496 HD 68578	4
NGC 3114	HD 87752	6
NGC 3532	#155 #420 #409 #139 #215 #695	20
NGC 3766	HD 100840 HD 101189	2
NGC 4103	HD 105194	1
NGC 5262	HD 127866 HD 127900	2
NGC 5281	HD 119699	1
NGC 5316	HD 120798	1
NGC 6025	HD 143413	1
NGC 6087	HD 146271	1
NGC 6124	HD 147653 HD 147780	7
NGC 6281	#6	2
NGC 6405	HD 160189 HD 160221	4
NGC 6475	HD 162586	1
NGC 6530	#9 #73	2
NGC 6694	#6 #29	4
NGC 6716	#5 #46 #55	6
Rup 147	#14 #60 #206 #278 #330 #482 #505 #530 #535	14
Rup 145	#17 #50 #83	7

2.5. Identificación

Procedimos luego a realizar la identificación de líneas de los siguientes elementos químicos peculiares: Hg, Mn, Y, Pt, P, Ga, Xe y Zr. Para ello usamos las listas de líneas propuestas en Castelli & Hubrig (2004) para elaborar las nuestras que pueden consultarse en el Apéndice B. Realizamos una clasificación diferenciada para aquellos espectros que obtuvimos en DS y DC, debido a que la

resolución de cada una de las configuraciones impedía realizar una clasificación conjunta.

En los espectros de DS, la línea de HgII en 3984.0 Å, fundamental para poder considerar a una estrella como peculiar de esta clase, se encuentra *blendada* con la línea Hε de la serie de Balmer; por lo que debimos realizar el siguiente procedimiento que nos permitió evidenciar la presencia de la línea de interés. A los espectros *templates* que extrajimos de la base de datos BLUERED, les extrajimos todas las líneas presentes excepto las del H y los suavizamos para tener una resolución del orden de nuestros espectros. Luego a los espectros objeto los dividimos por el template y obtuvimos un espectro cociente en el cual era evidente la presencia de 3984 Å de HgII. En la Figura 2.2 mostramos el procedimiento aplicado a la estrella Cr 121-17 la que clasificamos como de HgMn porque entre otras características posee la línea de HgII en 3984.0 Å.

Para DC usamos la tarea *identify* de IRAF y la lista de identificación del Apéndice A. En la Figura 2.3. mostramos la identificación para la estrella NGC 2516-209 analizada con esta metodología.

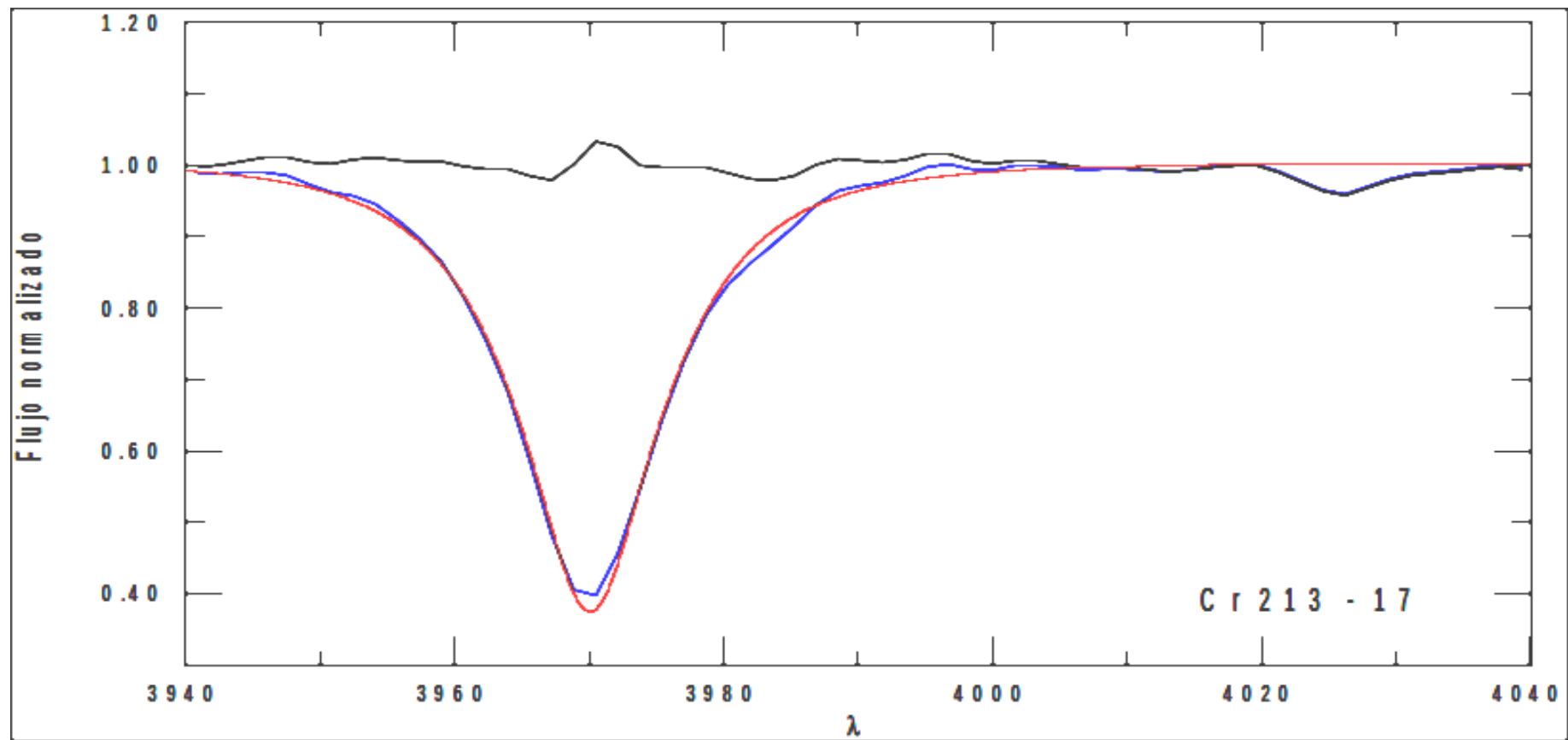


Figura 2.2.: Identificación de la línea 3984.0 Å en DS, mostrando el procedimiento para evidenciarla, el espectro en rojo es el template, el azul el objeto y el negro el cociente entre ambos.

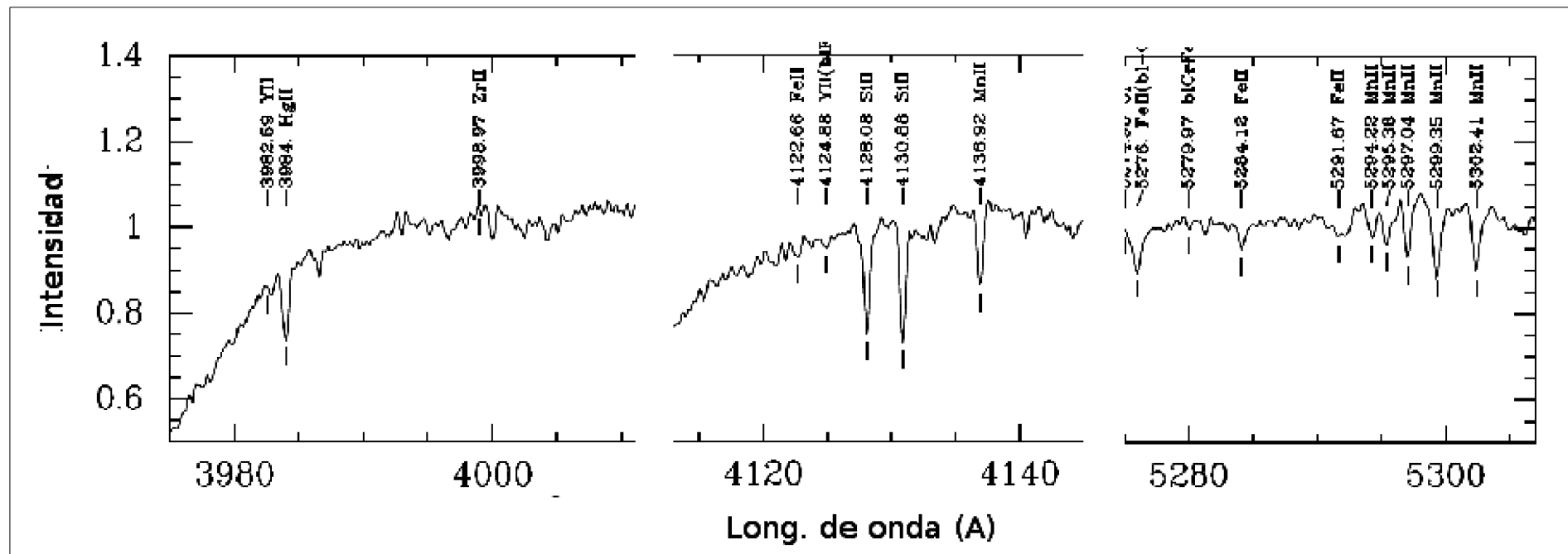


Figura 2.3.: Identificación de líneas de elementos peculiares en DC que realizamos a la estrella NGC 2516-209.

2.6. Resultados

De las 206 estrellas observadas tanto en DS como en DC, pudimos detectar 25 estrellas de HgMn, 4 de las cuales habíamos descubierto como de HgMn en el relevamiento de binarias y reportado como tales en Levato & González (2009), y posteriormente estudiadas 2 de ellas en detalle por González & González (2012).

En la siguiente lista detallamos el tipo espectral asignado, los elementos presentes y la configuración en que observamos las estrellas que clasificamos como de HgMn a partir del *relevamiento*. La sigla DCR significa dispersión cruzada del relevamiento de binarias. Vimos que en general la clasificación hecha en DS requiere de confirmación con espectros de resolución más alta (por ello colocamos un * luego del nombre), en la mayoría de los casos que pudimos obtener algún espectro en DC no tuvieron una buena relación S/R. En los casos que la detección de la línea 3984.0 Å de HgII era dudosa o leve, pero presentaba líneas de algún otro elemento peculiar como Mn, Y o P, la clasificación es más confiable.

- ★ **HD 45975** (NGC 2232-6): B9, líneas del Hg, Mn e Y presentes, DC.
- ★ **HD 49185**(NGC 2287-30): B9, línea débil de Hg, DS.
- ★ **HD 49211*** (NGC 2287-51): B9.5, línea débil de Hg, DS.
- ★ **HD 60940** (NGC 2422-65): B8, Hg y Mn presentes, DS.
- ★ **HD 60996** (NGC 2422-78): B9, solo es clara la presencia de Hg y hay evidencia que sea SB1, DS.
- ★ **HD 61374** (NGC 2451-148): B8, evidencia de Hg y Mn, DS.
- ★ **HD 62503*** (NGC 2451-218): B8, 3984 Å de HgII presente, Mn dudoso, DS.
- ★ **HD 63080** (NGC 2451-255): A0, evidencia de Hg, Mn e Y, muestra espectro de SB1, DS.
- ★ **HD 68693 A** (NGC 2546-10): B8, elementos presentes: HgII y Mn, componente primaria del sistema SB2, DCR, reportada por Levato y González (2009).
- ★ **HD 68693 B** (NGC 2546-10): solo se logra diferenciar 3984 Å de HgII, al igual que la componente primaria es B8, DCR, reportada por Levato y González (2009).
- ★ **HD 70742*** (NGC 2579-23): B6, es dudosa la evidencia de Hg y Mn, requerimos de espectros con mejor resolución para su confirmación, DS.
- ★ **HD 86112** (Cr 213-17): B9, presencia de Hg y Mn, DS.
- ★ **HD 86981*** (NGC 3114-1): B7, leve evidencia de Y y Hg blendado con Cr, espectros de alta resolución confirmarían DS.
- ★ **HD 87031*** (NGC 3114-2): B9, leve evidencia de Hg y Mn, DS
- ★ **HD 87751** (NGC 3114-210): B7, presencia de líneas del Hg, Mn e Y, DS.

- ★ **HD 96213** (NGC 3532-155): A0, Hg y Mn presente, el espectro muestra variaciones en Vr, DCR.
- ★ **HD 96473** (NGC 3532-317): B9.5V, 3984 Å presente y varias líneas del Mn, DC.
- ★ **HD 143287** (NGC 6025-12): B8, línea 3984 Å de HgII y MnII intensas, DCR.
- ★ **IDS 07551S6033 B** (NGC 2516-209): A0, con líneas del HgII, MnII y SiII intensificadas, DCR.
- ★ **TYC 5961-1860-1*** (NGC 2287-25): B9.5, leve evidencia de Hg, DS.
- ★ **TYC 7660-3165-1** (NGC 2546-355): B5, evidencia de línea de Hg y Mn, DS.
- ★ **TYC 7869-0819-1** (NGC 6281-6): A0, HgII y Mn presentes, espectro muestra ser SB1, DC.
- ★ **TYC 8911-1720-1 A** (NGC 2516-2): A0, líneas intensificadas de HgII, YII(4900 Å) y líneas débiles de PII, sistema SB2, DCR.
- ★ **TYC 9036-2087-1** (NGC 6025-14): B9, líneas intensas de MnII, y 3984 Å de HgII débil y se encuentran líneas del Xe, Ga y P, DCR, reportada por Levato y González (2009).
- ★ **HD 133833 (NGC 5832)** tiene tipo espectral B9, con HgII, MnII, YII y P débil, fue adquirida en DC, se encuentra a 1.7 radios del centro NGC 5832, el cual está clasificada como un objeto extragaláctico, no pudimos obtener información de la paralaje de la estrella para corroborar su posición.

2.7. Discusión

A continuación presentamos en la Tabla 2.5. el listado de estrellas de HgMn en cúmulos, tanto las que se conocían como las obtenidas del *relevamiento*, detallando en la primera columna el nombre del cúmulo y el número de la estrella (obtenido de WEBDA), en la segunda columna la identificación de la estrella (extraída de WEBDA y SIMBAD), en la tercera y cuarta columna datos fotométricos de la estrella obtenidos de WEBDA, en la quinta el exceso de color del cúmulo, en la sexta columna el índice de color intrínseco del cúmulo, en la séptima columna el módulo de distancia del cúmulo, en la octava columna la magnitud absoluta de la estrella (calculada teniendo en cuenta el módulo de distancia del cúmulo y el exceso de color), en la novena columna colocamos la distancia del cúmulo y en la última columna la edad del cúmulo. Obtuvimos los datos de cada cúmulo de WEBDA.

Tabla 2.5.: Estrellas de HgMn en cúmulos

Cúmulo- N° de estrella	Identificación	V	B-V	E(B-V)	(B-V)₀	m-M	M_v	D (pc)	Log τ
Cr 121-30	HD 53244	4.10	-0.12	0.03	-0.15	8.45	-4.35	471	7.054
Cr 359	HD 165511	7.95	0.01	0.19	-0.18	7.58	0.37	249	7.506
Cr 65	HD 34719	6.64	-0.03	0.13	-0.16	7.86	-1.22	310	7.410
Cr 69-4	HD 36881 A	5.60	0.12	0.10	0.02	8.54	-2.94	441	7.050
IC 4665-76	HD 161698	8.23	0.10	0.17	-0.08	8.27	-0.04	352	7.634
IC 4756-117	HD 172248	8.97	0.07	0.19	-0.12	9.02	-0.05	484	8.699
IC 4756-40	HD 171931	9.19	0.15	0.19	-0.04	9.02	0.17	484	8.699
IC 4756-58	HD 172012	9.19	0.15	0.19	-0.04	9.02	0.17	484	8.699
Mel 22-3325	HD 23950	6.07	-0.01	0.03	-0.04	5.57	0.50	150	8.131
Mel 22-785	HD 23408	3.90	-0.07	0.03	-0.10	5.57	-1.67	150	8.131
NGC 1039-2369	HD 17280	7.82	-0.04	0.07	-0.11	8.71	-0.89	499	8.249
NGC 1039-263	HD 16693	8.52	0.00	0.07	-0.07	8.71	-0.19	499	8.249
NGC 1528-1	HD 26603	8.75	0.22	0.26	-0.04	10.25	-1.50	776	8.568
NGC 2232-6	HD 45975	7.48	-0.07	0.03	-0.10	7.87	-0.39	359	7.727
NGC 2251-1	HD 259954	9.10	0.05	0.19	-0.14	11.19	-2.09	1329	8.427
NGC 2287-103	HD 49023	8.40	-0.05	0.03	-0.08	9.29	-0.89	693	8.385
NGC 2287-105	HD 49025	9.09	-0.03	0.03	-0.05	9.29	-0.20	693	8.385
NGC 2287-106	HD 49022	9.34	-0.07	0.03	-0.09	9.29	0.05	693	8.385
NGC 2287-116	HD 49024	7.87	-0.08	0.03	-0.11	9.29	-1.42	693	8.385
NGC 2287-25	TYC 5961-1860-1	9.95	-0.01	0.03	-0.04	9.29	0.66	693	8.385
NGC 2287-30	HD 49185	9.32	-0.01	0.03	-0.04	9.29	0.03	693	8.385
NGC 2287-51	HD 49211	9.39	-0.05	0.03	-0.08	9.29	0.10	693	8.385
NGC 2323-51	BD -8 1708	9.95	0.12	0.21	-0.09	10.50	-0.55	929	8.096
NGC 2422-65	HD 60940	8.60	0.01	0.07	-0.06	8.67	-0.07	490	7.861
NGC 2422-78	HD 60996	8.76	-0.02	0.07	-0.09	8.67	0.09	490	7.861
NGC 2451-148	HD 61374	9.03	-0.03	0.06	-0.09	7.57	1.46	302	7.648
NGC 2451-218	HD 62503	7.26	-0.06	0.06	-0.11	7.57	-0.31	302	7.648
NGC 2451-255	HD 63080	7.17	0.01	0.06	-0.05	7.57	-0.40	302	7.648
NGC 2516-129		7.20	0.05	0.10	-0.05	8.37	-1.17	409	8.052
NGC 2516-2	TYC 8911-1720-1 A	8.82	0.07	0.10	-0.03	8.37	0.45	409	8.052

Tabla 2.5.: Estrellas de HgMn en cúmulos

Cúmulo- N° de estrella	Identificación	V	B-V	E(B-V)	(B-V) ₀	m-M	M _v	D (pc)	Log τ
NGC 2516-20	HD 66259	8.40	0.02	0.10	-0.08	8.37	0.03	409	8.052
NGC 2516-209	IDS 07551S6033 B	8.85	0.07	0.10	-0.03	8.37	0.48	409	8.052
NGC 2516-126	HD 65950	6.86	-0.01	0.10	-0.11	8.37	-1.51	409	8.052
NGC 2516-23	HD 66409	8.39	0.00	0.10	-0.10	8.37	0.02	409	8.052
NGC 2516-91	HD 65949	8.39	-0.04	0.10	-0.14	8.37	0.02	409	8.052
NGC 2546-10	HD 68693 A	9.50	0.21	0.13	0.08	10.23	-0.73	919	7.874
NGC 2546-10	HD 68693 B	8.37	0.21	0.13	0.08	10.23	-1.86	919	7.874
NGC 2546-355	TYC2 7660-3165-1	9.89	0.01	0.13	-0.12	10.23	-0.34	919	7.874
NGC 2579-23	HD 70742	9.48	0.01	0.15	-0.14	10.54	-1.06	1033	7.610
NGC 3114-1	HD 86981	9.64	-0.03	0.07	-0.10	10.01	-0.37	911	8.093
NGC 3114-2	HD 87031	8.72	-0.01	0.07	-0.08	10.01	-1.29	911	8.093
NGC 3114-210	HD 87751	9.27	-0.03	0.07	-0.10	10.01	-0.74	911	8.093
NGC 3114-211	HD 87752	9.82	-0.03	0.07	-0.10	10.01	-0.19	911	8.093
NGC 3532-155		8.29	-0.01	0.04	-0.05	8.55	-0.26	486	8.492
NGC 3532-317		8.48	-0.04	0.04	-0.08	8.55	-0.07	486	8.492
	HD 133833	8.22	0.03						
NGC 6025-11	HD 143287	8.34	0.04	0.16	-0.12	9.89	-1.55	756	7.889
NGC 6025-14	TYC2 9036-2087-1	9.85	0.04	0.16	-0.12	9.89	-0.04	756	7.889
NGC 6281-6	TYC 7869-0819-1	8.60	0.09	0.15	-0.06	8.86	-0.26	479	8.497
NGC 6633-39	HD 169842	9.12	0.21	0.18	0.03	8.44	0.68	376	8.629
NGC 752- 209	BD +36 367	9.79	0.07	0.03	0.04	8.40	1.39	457	9.050
Orión B1b	BD -00 984	8.43	-0.10	0.05	-0.15	8.16	0.27	399	7.110
	HD 37886	9.00	-0.04	0.05	-0.09	8.16	0.84	399	7.110
Orión B1c	HD 37492	7.08	-0.05	0.05	-0.10	8.16	-1.08	399	7.110
Orión B1	HD 34364 A	6.10	-0.06	0.13	-0.19	7.86	-1.76	399	7.110

En la Figura 2.4 mostramos el Diagrama H-R que realizamos con todas las estrellas de la Tabla 2.5. Empleamos las isócronas elaboradas por Girardi et al. (2000). Las edades de las estrellas se encuentran comprendidas en el rango de $\text{Log } \tau = 6.6 - 8.5$, es decir entre 4×10^6 años y 316×10^6 años. Obtuvimos M_v en el rango 1.46 a -3, teniendo en cuenta el módulo de distancia de cada cúmulo y su

respectivo enrojecimiento. Veamos algunos puntos interesantes de este Diagrama:

★ Los 4 puntos rojos corresponden a las estrellas de HgMn más jóvenes reportadas en la Asociación Orión b1, con una edad de entre 1.7×10^6 y 4.6×10^6 años.

★ Los 3 puntos verdes corresponden a

→ Cr 121-30: $(B-V)_0 = -0.12$ y $M_V = -4.35$, sospechamos que no era miembro por sus coordenadas y lo corroboramos por el módulo de distancia. La estrella se ubica por encima de todas las isócronas de edades correspondientes para las estrellas de HgMn.

→ HD 165511: $(B-V)_0 = -0.18$ y $M_V = 0.37$, no es miembro del cúmulo, a pesar de que cuando realizamos una correlación de coordenadas entre el cúmulo y la estrella la encontramos en el campo de Cr 659.

→ NGC 2451-148: $(B-V)_0 = -0.09$ y $M_V = 1.46$, se encuentra muy a la izquierda de la secuencia principal del cúmulo.

★ Los puntos violetas son NGC 2251-1 y NGC 752-209, estrellas blue-straggler de los cúmulos de los que son miembros.

Calculamos la frecuencia de detección de estrellas de HgMn, teniendo en cuenta la cantidad de estrellas detectadas respecto de las observadas en cada cúmulo y es en promedio del 11%. Este valor es mayor al obtenido por Abt (1979) quien teniendo una muestra de 9 estrellas de 5 cúmulos, obtuvo una frecuencia promedio de 4.5%. La frecuencia de estrellas de HgMn para las estrellas de campo en ese momento era de 5.8%.

Las edades son las representativas de las estrellas de secuencia principal o un poco más evolucionadas, período en el que sería posible que se produzca el proceso de difusión atómica y por consiguiente se originen las peculiaridades observadas en estas estrellas.

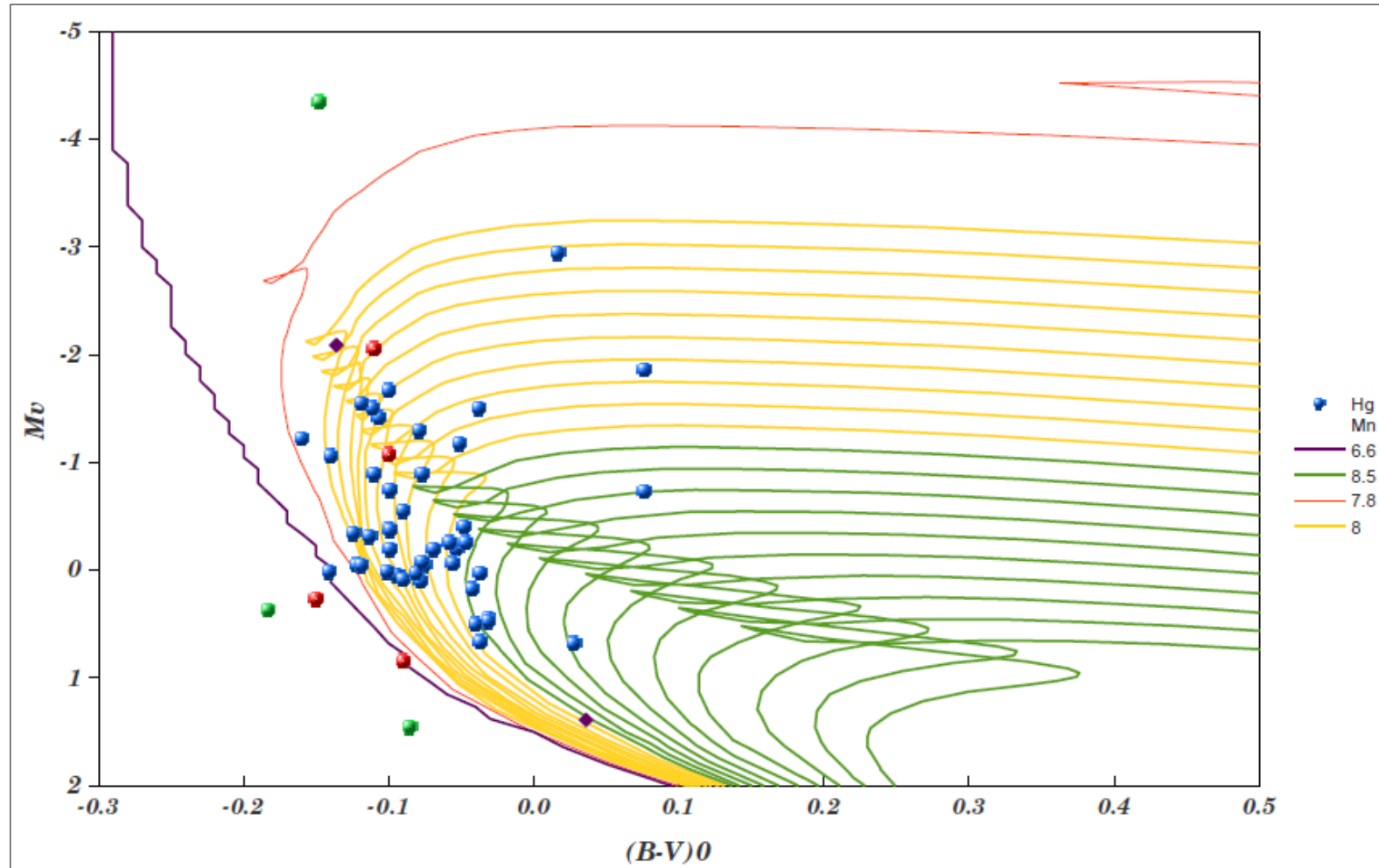


Figura 2.4.: Diagrama H-R de las estrellas de HgMn miembros de cúmulos, las curvas de diferentes colores corresponden a isócronas de diferentes edades.

VARIABILIDAD ESPECTRAL

Resumen

En el presente Capítulo mostramos los resultados del análisis llevado a cabo en espectros de alta resolución de una muestra de estrellas de HgMn para estudiar variabilidad espectral. La variación del perfil de línea espectral es evidencia de una distribución superficial no homogénea de elementos químicos en la atmósfera de estas estrellas. De una muestra de 27 estrellas encontramos que 15 presentaban asimetrías y variaciones del perfil de línea de elementos peculiares.

3.1. Observaciones

Los datos observacionales que analizamos en el presente capítulo fueron obtenidos en el marco de la participación en un proyecto de investigación liderado por Swetlana Hubrig (Instituto Astrofísico de Potsdam, Alemania), cuyo objetivo fundamental es la detección de inhomogeneidades químicas en la superficie de las estrellas de HgMn. Las observaciones fueron realizadas en los años 2005 y 2006 y se obtuvieron entre 3 y 8 espectros para una selección de 57 estrellas peculiares, incluyendo 42 de HgMn.

Los espectros fueron obtenidos con el espectrógrafo FEROS⁶ del European Southern Observatory en modo *service* durante 2005 y 2006 (programas 077.D-0477A y 076.D-0172A). FEROS (Fibre-fed, Extended Range, Échelle Spectrograph) es un espectrógrafo de banco, controlado térmicamente y que usa un prisma como dispersor cruzado. Su mecánica y estabilidad permite una calibración precisa en longitudes de onda basada en calibraciones diurnas de forma que en general no se requiere emplear tiempo nocturno para la obtención de calibradores. Es alimentado por 2 fibras, obteniendo simultáneamente el espectro del objeto y del cielo o bien alguna de las lámparas de calibración (calibración en longitud de onda y campo plano). Las fibras son alimentadas por aperturas de 2.0 segundos de arco en el cielo separadas por 2.9 minutos de arco. El poder resolvente de 48000 se adquiere con un divisor que cubre el rango espectral de 3500 Å a 9200 Å ocupando 39 órdenes echelle.

⁶ <http://www.eso.org/sci/facilities/lasilla/instruments/feros/overview.html>

Sólo los rangos espectrales entre 8534-8541 Å y 8862-8875 Å se pierden debido a una mala superposición de órdenes. El detector es un CCD EEV 2k×4k.

3.2. Reducción

Si bien existe un software de reducción automática de las observaciones de FEROS que corre bajo MIDAS⁷, decidimos realizar la reducción a partir de los datos crudos, para un mejor control de la calidad de los resultados. Esto fue realizado usando las tareas usuales de IRAF.

Una vez que hicimos las reducciones, procedimos a normalizar y calcular las velocidades radiales (V_r) empleando el método de correlaciones cruzadas usando *templates* de estrellas del mismo tipo espectral obtenidas de la base de datos BLUERED.

Una vez corregidos los espectros pasamos a calcular la $v \text{ sen } i$ usando un espectro promedio generado de los n -espectros de cada estrella. El método usado consistió en calcular la transformada de Fourier del perfil de una línea espectral y medir la posición de la primer raíz. Para ello aplicamos un script de IRAF que permite determinar gráficamente el cero de la transformada de Fourier y realiza el promedio de la rotación determinada para todas las líneas medidas de un espectro dado. Usamos líneas del Fe y Ti que no estuviesen *blendadas* ni fuesen asimétricas. En la Figura 3.1 mostramos los primeros pasos del procedimiento. El error calculado para las velocidades rotacionales proyectadas fue del orden del 10%.

7 <http://www.eso.org/sci/software/esomidias/>

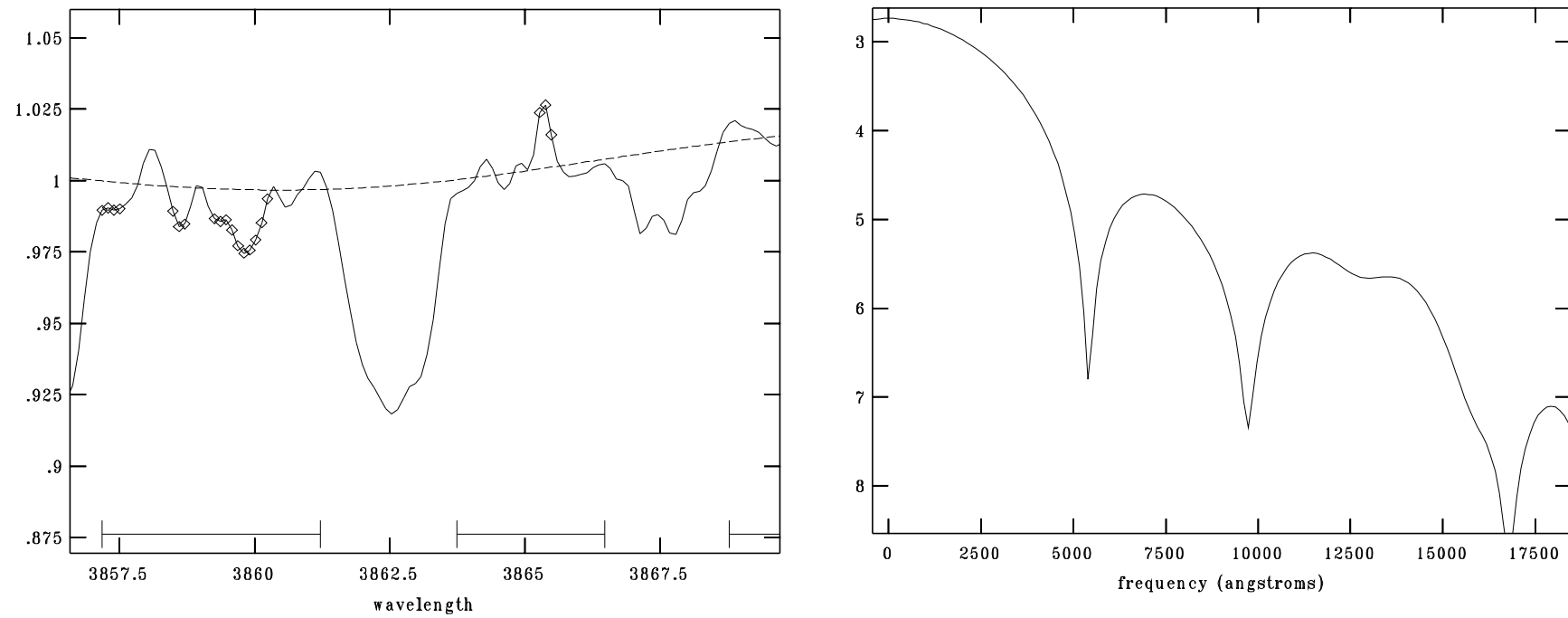


Figura 3.1: Determinación de v seni. El panel de la izquierda muestra el ajuste del continuo alrededor de la línea a medir, el de la derecha la transformada de Fourier al momento de determinar la primera raíz.

3.3. Metodología de análisis

Seleccionamos para el análisis de variabilidad aquellas estrellas que fuesen simples o bien SB1 y para las cuales tuviésemos más de 3 espectros. Presentamos en la Tabla 3.1 la información necesaria para el análisis de las 26 estrellas seleccionadas que consiste en número HD de la estrella en la primer columna, en la segunda el tipo espectral y los elementos químicos peculiares que detectamos en el espectro de la estrella, en la tercer columna presentamos la T_{ef} que calculamos por el método descrito en el apartado 4.3.1 de la presente tesis; en la cuarta columna colocamos la clasificación como sistema binario espectroscópico (SB) el 1 significa que la estrella muestra un espectro de una línea y 2 si presenta un espectro de doble línea; en la quinta columna se lista el valor de $v \text{ sen } i$ calculado por el método especificado en el apartado 3.2; la sexta columna indica el número de espectros disponibles para esa estrella y la última columna especifica la época de observación de los espectros.

Tabla 3.1.: Estrellas seleccionadas para analizar						
HD	TE	T_{ef} (K)	SB	$v \text{ sen } i$ (km s^{-1})	Cantidad de espectros	Época de observación
7374	B9 Si Hg Mn	13001	1	20.90	6	20-22/10/05--8-10/08/06
11753	B9 HgMn	10346	1	10.70	5	22-23/10/05—6,9/08/06
21933	B8 Mn Hg	11948		83.25	3	20-22/10/05
28217	B8 Mn Hg	13793	1	69.02	4	20-23/10/2005
29589	B8 Mn Hg	14473	1	65.74	6	20-22/10/05--12-15/08/06
31373	B8 Mn Hg	13884		75.62	4	20-23/10/05
33904	B9 Hg Mn	12786		33.50	8	20-25/10/05
34880	B8 Mn	13159	1	44.21	3	20-22/10/05
36881	B9 Hg	10875		14.03	4	20-23/10/05
42657	B9 Mn Hg	12681		66.98	4	20-23/10/05
53244	B8 Mn Hg	13781	1	36.94	4	20-23/10/05
53929	B9 Mn Hg	13973	1	23.77	4	20-23/10/05
63975	B8 Mn Hg	13767	1	28.52	4	20-23/10/05
65949	B9 Hg Mn	13223	1	40.66	4	20-23/10/05
65950	B9 Mn Hg	12800		33.55	5	21-25/10/05
66259	B9 Hg	11574	1	49.17	3	21-23/10/05
66409	B9 Mn	12926		50.92	4	21-26/10/05

Tabla 3.1.: Estrellas seleccionadas para analizar

HD	TE	T _{ef} (K)	SB	v seni (km s ⁻¹)	Cantidad de espectros	Época de observación
68099	B8 Mn Hg	13026		61.27	5	22-27/10/05--10/01/06
70235	B9 Hg Mn	12503		20.70	3	22-26/10/05
75333	B9 Mn Hg	12233	1	36.18	8	22-27/10/05-10/01/06
101189	A0 Cr Y Hg	10905	1	15.40	4	25/02-13/05--12-17/06/06
110073	B8 Mn	13026	1	17.17	4	10/01-13/04-15-17/06/06
129174	B9 Mn Hg	13451	1	15.00	3	17-18/06-03/07/06
144661	B7 Mn Hg	15411	1	46.30	4	25/02--14/04-17-18/06/06
213236	B8 Hg Mn	12573		19.11	5	20-21/10/05--14/06-09-10/08/06
221507	B9 Mn Hg	12315		33.56	4	20-22/10/05--6/08/06

Para la detección de variabilidad espectral, analizamos las diferencias entre los distintos espectros de un mismo objeto mediante 3 métodos que miden variaciones de distinta manera que detallamos a continuación.

3.3.1. Método 1: Inspección visual

Para llevar a cabo este método procedimos a graficar regiones espectrales de no más de 30 Å de los espectros que se tenía de cada estrella y realizamos la identificación de líneas de elementos químicos peculiares: Hg, Mn, Y, Pt, P, Ga, Zr, Xe. Utilizamos para ellos las listas de líneas propuestas por Castelli & Hubrig (2004). Posteriormente evaluamos en regiones de 2 Å en torno a la línea identificada para analizar la posible existencia de algún tipo de diferencia entre espectros. De esta forma obtuvimos una lista de elementos presentes y de líneas probablemente variables para cada estrella. En esta instancia descartamos las líneas que estuviesen *blendadas* para excluirlas del análisis posterior. A modo de ejemplo, en las Figuras 3.2. y 3.3. mostramos regiones que analizamos de la estrella HD 11753, la cual luego de nuestra detección de variabilidad fue estudiada con mayor detalle por Briquet et al. (2010).

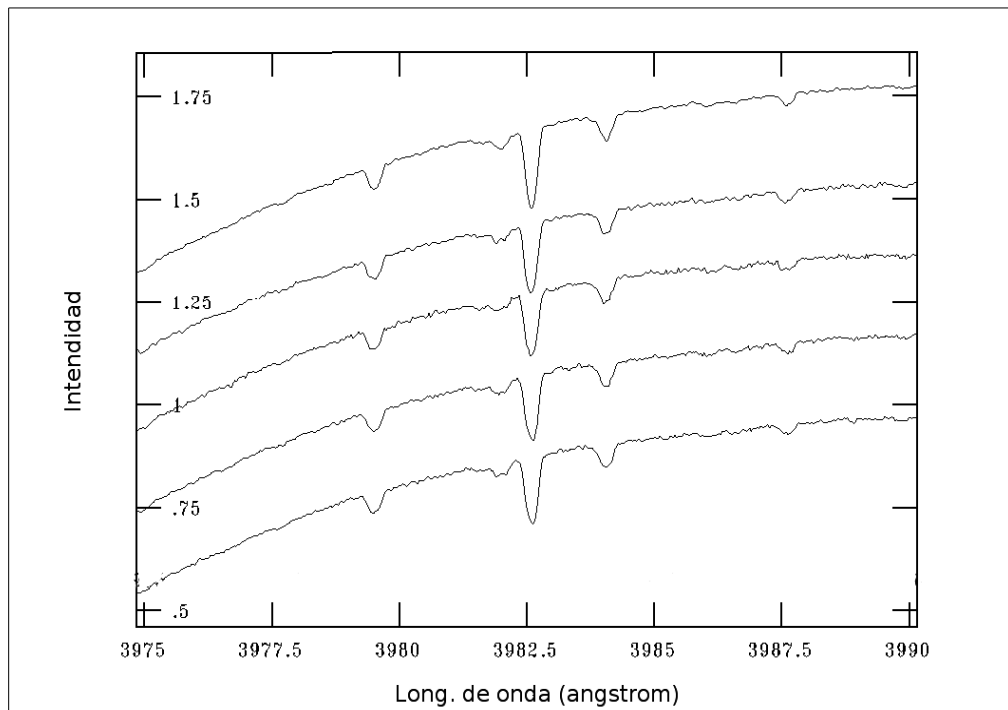


Figura 3.2: Detección de líneas variables por inspección visual: gráfico de 5 espectros de HD 11753 en la zona de la línea 3984 Å de HgII.

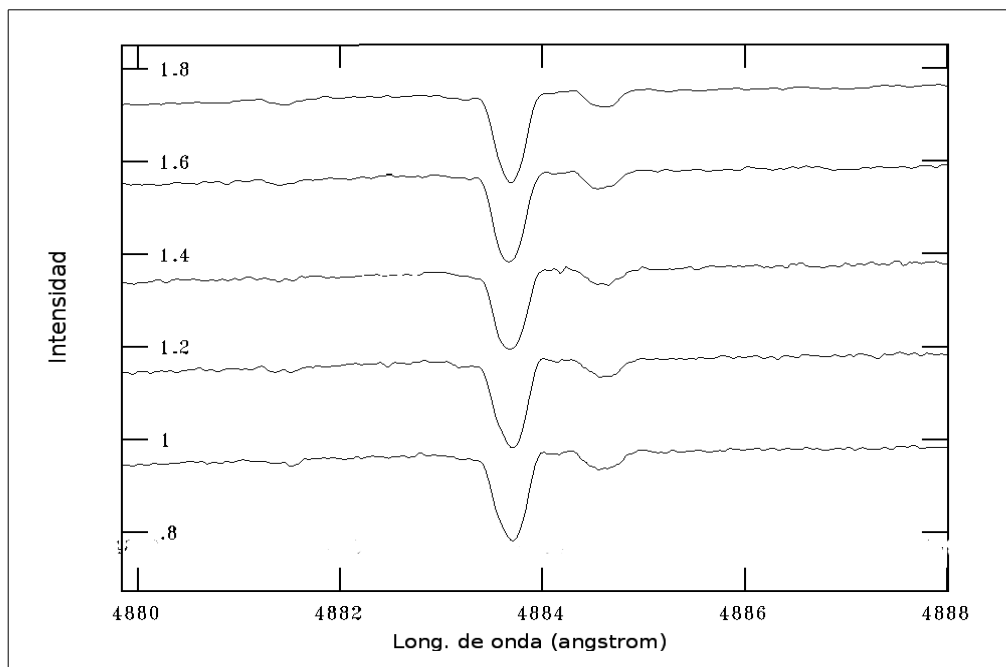


Figura 3.3: Detección de líneas variables por inspección visual: gráfico de 5 espectros de HD 11753 en la zona de la línea de YII 4883 Å. Mostramos los espectros superpuestos en la parte inferior de la figura.

3.3.2. Método 2: Cálculo del espectro varianza

Para visualizar las regiones en las que podría existir una posible variación de alguna característica espectral, decidimos generar un espectro que represente la varianza en cada punto del espectro. Elaboramos un *script* con funciones de IRAF, como *splot*, *sarith* y *scombine*. Los pasos principales del script consisten en promediar los espectros disponibles de la misma estrella, calcular los residuos respecto al espectro promedio y calcular el espectro varianza. Luego aplicamos un suavizado al espectro varianza de acuerdo a la velocidad rotacional de la estrella. Clasificamos como variable a aquellas líneas en que el valor de la desviación cuadrática media dentro de la línea fuera 2 veces mayor que en los alrededores de la misma, para dejar de lado posibles influencias del ruido en las variaciones. En la Figura 3.4. mostramos los espectros y el espectro varianza de la estrella HD 110073, mostrando la región en torno a la línea de 3984 Å del HgII.

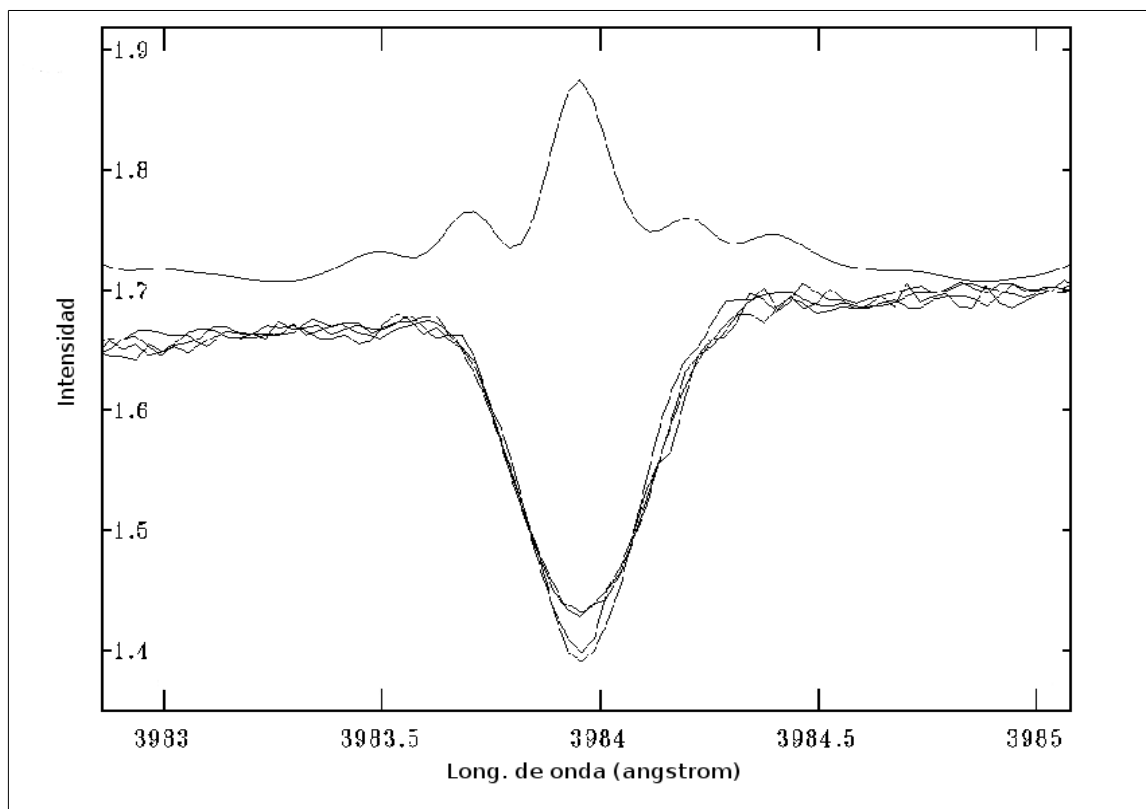


Figura 3.4: Método de la varianza aplicado a la región en torno a 3984 Å para espectros de diferentes épocas de HD 110073. En la parte superior mostramos el espectro varianza. Es apreciable la diferencia en intensidad.

En la Tabla 3.2. mostramos los resultados de este método, para aquellas estrellas en las que encontramos variaciones; en la primer columna de la tabla colocamos el número HD de la estrella, mostramos el resultado del análisis de cada elemento entre la segunda y la séptima columna indicando con NM si no se midieron líneas de ese elemento, con C si las líneas de elemento son constantes, con V si presenta variación y con LV si las líneas varían pero por debajo del criterio, es decir entre 1.5 y 2 σ . El valor que sigue a la sigla corresponde al mayor valor de σ obtenido para una línea del elemento correspondiente. En el caso de que menos del 70% de las líneas presentes de un determinado elemento no cumpla ese requisito se consideró constante aunque una de ellas presente un valor elevado.

Tabla 3.2: Resultados del Método 2

HD	Hg	Mn	Y	Zr	Si	Fe
7374	V 2.5	LV 1.8	C	NM	V 2.3	C
11753	C	C	V 5.0	LV 1.6	C	C
28217	V 2.8	C	C	C	LV 1.6	C
33904	V 2.2	V 3.2	V 4.0	NM	LV 1.5	C
53244	V 1.8	V 2.5	LV 1.7	C	C	C
65950	V 2.7	LV 2.1	C	C	C	C
66259	LV 1.7	C	LV 1.6	C	C	C
70235	V 5.4	V 3.6	LV 1.8	C	C	C
75333	V 2.2	C	V 2.1	NM	LV 1.6	C
101189	V 9.8	V 4.7	V 2.1	LV 1.8	V 8.5	C
110073	V 6.7	V 3.2	V 2.7	C	C	C
144661	V 2.1	C	C	V 2.9	C	C
213236	V 4.4	C	V 5.5	LV 1.8	C	C
221507	C	C 1.4	V 2.8	V 2.2	C	C

3.3.3. Método 3: Cálculo de momentos

El tercer método consiste en calcular los momentos estadísticos del perfil de la línea. Calculamos los cinco primeros momentos del perfil de la línea, que definimos de la siguiente manera:

a) m_0 : momento de orden cero, que representa la intensidad de la línea:

$$m_0 = \int P(x) dx \quad (3.1)$$

b) m_1 : momento de primer orden, asociado con la velocidad radial:

$$m_1 = \int xP(x)dx m_0^{-1} \quad (3.2)$$

c) m_2 : momento de segundo orden, que define el ancho de la línea:

$$m_2 = \sqrt{\int P(x)(x-m_1)^2 dx} m_0^{-1} \quad (3.3)$$

d) m_3 : momento de tercer orden, que mide el grado de asimetría:

$$m_3 = \int (P(x)(x-m_1)^3 dx) m_0^{-1} \cdot (m_2)^{-3} \quad (3.4)$$

e) m_4 : momento de cuarto orden o curtosis de la distribución:

$$m_4 = \int (P(x)(x-m_1)^4 dx) m_0^{-1} (m_2)^{-4} \quad (3.5)$$

3.3.3.1. Estimación de errores

Estimamos los errores de estos momentos a partir de la relación S/R de los espectros y del $v \text{ seni}$ de la estrella. Para ello generamos espectros artificiales con ruido y calibramos el error de cada momento en función de la intensidad de la línea, su ancho (parametrizado por $v \text{ seni}$ y la relación S/R).

Generamos espectros con valores de la relación S/R de 100, 150, 200, 300 y de $v \text{ seni}$ de 5, 10, 20, 40 y 70 km s⁻¹, obteniendo las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} e_{m_0} &= 3.11 (v \text{ seni})^{0.6} (S/R)^{-1.10} \\ e_{m_1} &= 2.34 (v \text{ seni})^{1.52} (S/R)^{-1.13} (m_0)^{-0.97} \\ e_{m_2} &= 1.16 (v \text{ seni})^{1.58} (S/R)^{-1.04} (m_0)^{-0.56} \\ e_{m_3} &= 25 (v \text{ seni})^{0.68} (S/R)^{-1.32} (m_0)^{-1.2} \\ e_{m_4} &= 48.73 (v \text{ seni})^{0.87} (S/R)^{-1.52} (m_0)^{-1.37} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Realizamos un test χ^2 para cada estrella y consideramos como variable al momento cuya $P(\chi^2) < 1\%$, con lo que se obtiene un 99% de confianza de que el momento para esa línea es variable. Se nos presentaron casos en los que no todas las líneas pertenecientes a un mismo elemento mostraban el mismo comportamiento. En esas situaciones evaluamos si más del 70% de las líneas eran variables, entonces ese elemento se consideraba variable por este método.

Presentamos los resultados para este método en la Tabla 3.3, al igual que en la tabla anterior la primer columna indica el número HD de la estrella y las siguientes el resultado obtenido para cada elemento analizado donde colocamos C: si las líneas del elemento son constantes y especificamos que momento varía en el caso de que así fuera, NM: si no se lograron medir líneas de ese elemento.

Tabla 3.3: Resultados del Método 3

HD	Hg	Mn	Y	Zr	Si	Fe
7374	m ₀ m ₁ m ₃	m ₀ m ₃	C	NM	m ₀	C
11753	C	C	m ₀ m ₁ m ₂ m ₃	C	C	C
28217	m ₀ m ₁ m ₂	C	C	C	C	C
33904	m ₀ m ₁ m ₂ m ₃ m ₄	m ₀ m ₂	m ₀ m ₁ m ₂	NM	m ₀	C
53244	m ₀	m ₀ m ₁	C	C	C	C
65950	m ₀ m ₁	m ₁	m ₁	C	m ₁	C
66259	m ₀	C	m ₃	C	m ₀ m ₁	C
70235	m ₁ m ₂ m ₃ m ₄	C	C	C	C	C
75333	m ₁ m ₃	m ₀ m ₂	C	C	m ₁	C
101189	m ₀ m ₁ m ₄	m ₀ m ₃	m ₁ m ₃	m ₀ m ₁ m ₃	m ₁	C
110073	m ₁ m ₂	m ₀ m ₁ m ₂	m ₁	C	m ₀ m ₂	m ₀ m ₃
144661	m ₀ m ₁	m ₀ m ₁	C	C	C	C
213236	m ₀ m ₂	m ₁	m ₀ m ₁	C	m ₁	C
221507	m ₂	m ₀ m ₂	m ₁	C	C	C

3.4. Discusión y conclusiones

Consideramos a un elemento variable cuando resultaba variable por todos los métodos, ya que cada criterio está definido como complementario de los otros. De esta manera designamos con C cuando el elemento es constante y dos grados de variabilidad que se definen de la siguiente manera: variable (V) si cumple con los criterios de ambos métodos y levemente variable (LV) si alguno de los criterios

resultaba marginalmente variable. A continuación describimos los resultados para cada estrella.

★ **HD 7374:** T_{ef} 13001 K, estrella de tipo espectral B9, con $v \text{ sen } i$ de 20.9 km s⁻¹. Presenta líneas asimétricas y variables en intensidad de Hg, Mn, Si.

★ **HD 11753:** T_{ef} 10346 K es una estrella B9, con una velocidad de rotación baja 10.7 km s⁻¹, encontramos la mayor variación de todas las medidas para nuestra muestra en elementos como Y y Zr, lo cual es alentador ya que Briquet et al. (2010) encuentran a estos elementos variables junto con Ti y Sr analizando 100 espectros de alta resolución.

★ **HD 28217:** T_{ef} 13793 K de tipo espectral B9, con velocidad rotacional de 69.02 km s⁻¹, presenta variaciones de intensidad en líneas del Hg y Si.

★ **HD 33904:** T_{ef} 12786 K, tipo espectral B9, con velocidad rotacional de 33.5 km s⁻¹. La línea de Hg es variable en intensidad, las de Mn varían en intensidad y son asimétricas. Las líneas correspondiente a Y muestran variaciones importantes en todas sus características, esto se puede ver en la Figura 3.5, para el caso de la correspondiente a 3982.5 Å.

★ **HD 53244:** T_{ef} 13781 K, tipo espectral B9, y velocidad rotacional de 36.94 km s⁻¹. Las líneas del Hg y Mn son variables en intensidad y LV por método de varianza.

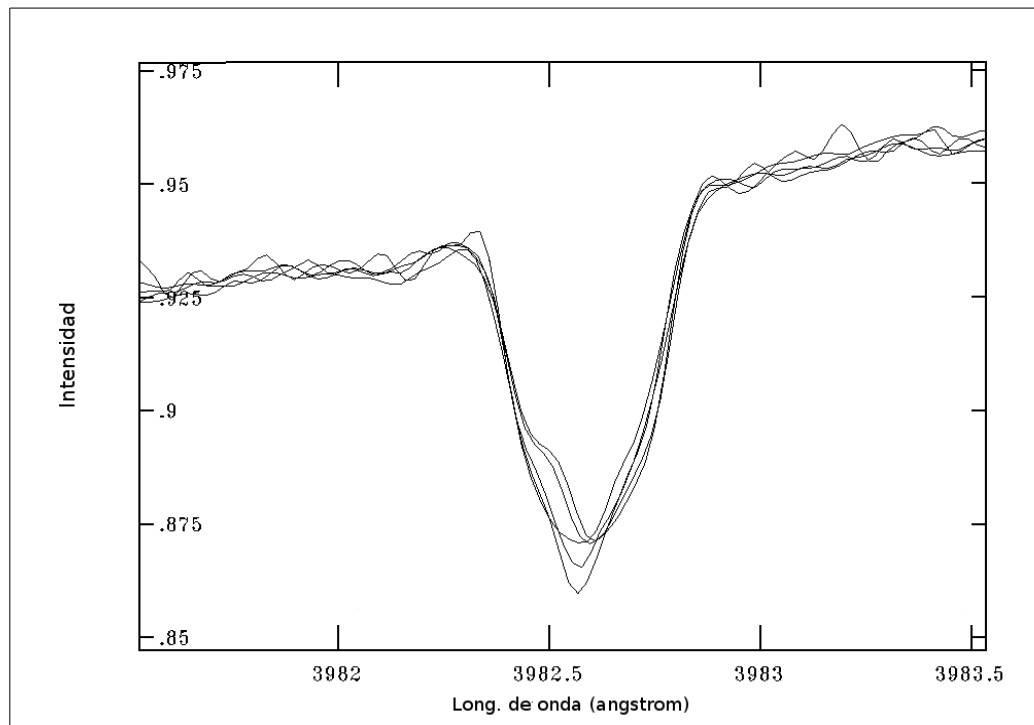


Figura 3.5: Región en torno 3982.5 Å del YII, la separación máxima entre espectros es de 5 días. Se puede ver cuan asimétrica se presenta esta línea, además de su variación en intensidad y forma.

★ **HD 65950:** T_{ef} 12800 K, tipo espectral es una B9, de velocidad intermedia 33.55 km s^{-1} , en la cual encontramos que Hg,Mn, y Si son variables y el Sr levemente ya que no cumple con los requisitos del método de momentos.

★ **HD 66259:** T_{ef} 11574 K, tipo espectral B9, con una velocidad rotacional de 49.17 km s^{-1} , presenta variación en Hg e Y, siendo el m_0 variable en las líneas del Mn.

★ **HD 70235:** T_{ef} 12503 K, tipo espectral B9, 20.7 km s^{-1} . Hg muy variable, Si variable en intensidad.

★ **HD 75333:** T_{ef} 12233 K, tiene tipo espectral B9 y velocidad rotacional de 36.18 km s^{-1} . Hg y Si se presentan variables, Mn es levemente variable ya que cumple los criterios del método de momentos, Sr es levemente variable por el método de varianza.

★ **HD 101189:** T_{ef} 10905 K, es una estrella B9, con una velocidad de rotación baja de 15.4 km s^{-1} . Hg es variable por los dos criterios, pero Mn, Y, Sr y Si se muestran muy variables en la inspección visual y en el método de varianza pero marginalmente en el de momentos, consideramos que esto se debe a que en promedio la variación se anula aunque punto a punto sea muy notoria.

★ **HD 110073:** T_{ef} 13026 K, tipo espectral tiene tipo espectral B8 y velocidad rotacional de 17.17 km s^{-1} , Hg y Mn son variables y Xe junto con Y solo cumplen los criterios del método de varianza.

★ **HD 144661:** T_{ef} 15411 K, tipo espectral B7, 46.3. Las líneas del Hg asimétricas y variables en intensidad, ancho.

★ **HD 213236:** T_{ef} 12573 K, tipo espectral tiene tipo espectral B8 y velocidad rotacional de 19.11 km s^{-1} . Hg es variable y Mn y Zr son levemente variables ya que no cumplen con uno de los criterios.

★ **HD 221507:** T_{ef} 12315 K, tipo espectral B9 y una velocidad rotacional de 33.56 km s^{-1} . Mn e Y son variables y Hg levemente variable porque no cumple con los criterios de varianza.

En la Figura 3.6 mostramos la región en torno a la línea 3984 \AA del HgII para varias estrellas ya que es el elemento que mayor evidencia de variabilidad presentan junto con YII que tiene los valores mayores para todos los criterios analizados. Evaluamos la relación entre la variabilidad y parámetros como $v \text{ sen } i$ y T_{ef} .

Para evidenciar este resultado graficamos el comportamiento de las probabilidades de los momentos variables para el HgII (respecto a la Temperatura) y el YII (respecto a la $v \text{ sen } i$), apreciables en las Figuras 3.7. y 3.8. respectivamente, cabe recordar que si la probabilidad está en el rango entre 0% y 1% se consideró variable por lo que a menor valor más variabilidad. Analizando ambas gráficas encontramos características similares tanto para el HgII como para el YII, a continuación detallamos las principales:

- ★ m_0 : (intensidad) es constante para cualquier $v \text{ sen } i$ y para cualquier T_{ef}
- ★ m_1 : (V_r) a medida que aumenta la V_r a partir de 35 km s^{-1} el momento es menos variable, al aumentar la T_{ef} a partir de 12500 K la variabilidad crece.
- ★ m_2 : (ancho) la variabilidad es más apreciable a medida que aumenta la velocidad, en torno a los 35 km s^{-1} se produce una discontinuidad en la función. En la relación con la T_{ef} no existe una relación evidente.

- ★ m_3 : (asimetría) constante para valores menores a 35 km s^{-1} , a partir de los cuales no logramos medir variaciones de asimetría. Para el caso de la relación con la T_{ef} la función tiene un mínimo (menor variabilidad) en torno de 12500 K.
- ★ m_4 : (curtosis) la variabilidad es mayor a medida que aumenta la $v \text{ sen } i$. Pudimos observar un comportamiento similar al de m_3 , con lo cual reforzamos el concepto de que a mayor velocidad rotacional más perceptibles son las variaciones de forma de la línea y no así las de intensidad.

Existen dos valores que resultan interesantes en este análisis la $v \text{ sen } i$ de 35 km s^{-1} y la T_{ef} de 12500 K. Ambos parámetros son los más abundantes en nuestra muestra (Figuras 3.7 y 3.8) y definen en los modelos propuestos para estas estrellas un corte fundamental. Suponemos que el mecanismo de difusión radiativa, junto con el de circulación meridional sería el causante de la presencia de inhomogeneidades químicas, ya que en las estrellas de nuestra muestra no se midieron campos magnéticos longitudinales.

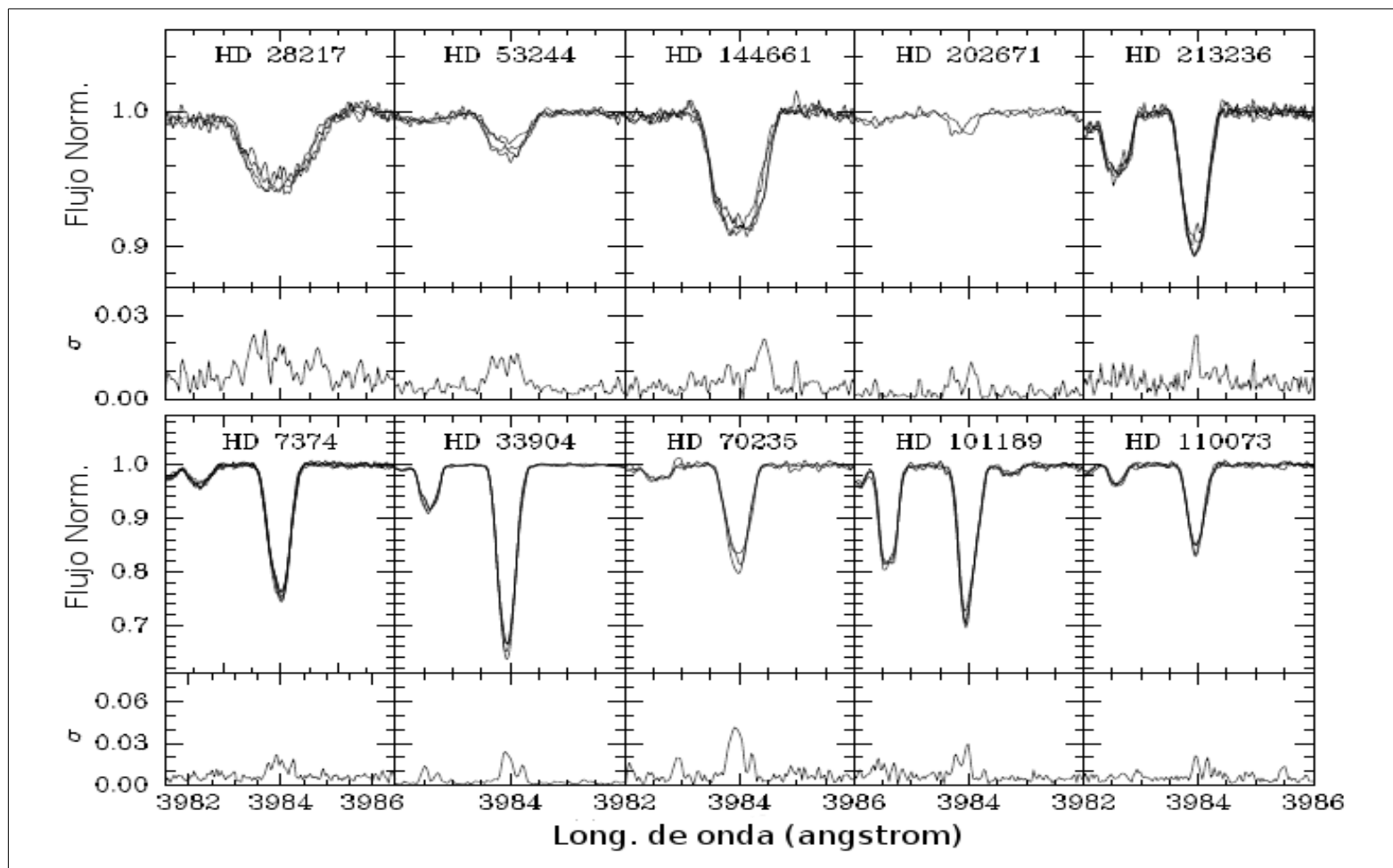


Figura 3.6.: Método de varianza para varias estrellas. En el panel superior mostramos la región cercana a 3984 Å y por debajo la varianza de la región.

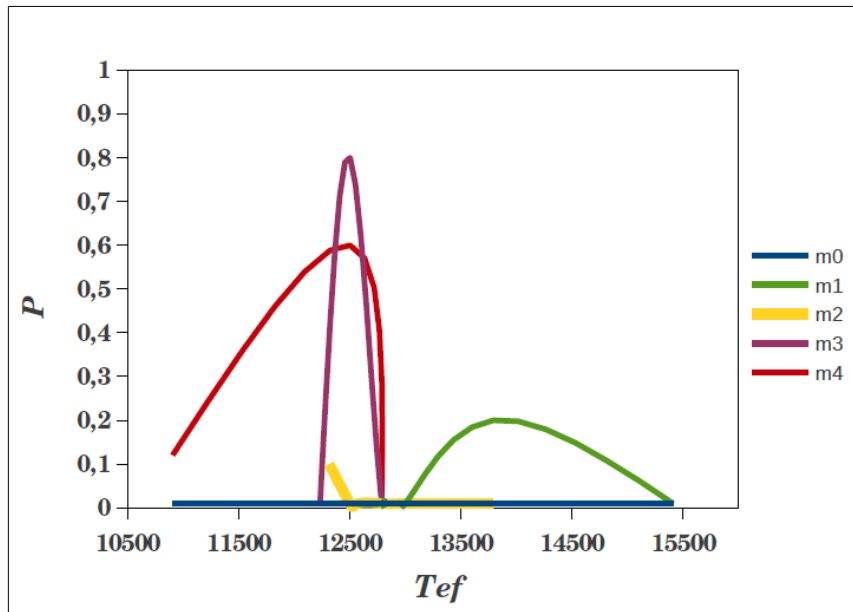


Figura 3.7.: Comportamiento de los momentos para el HgII respecto a la T_{ef} .

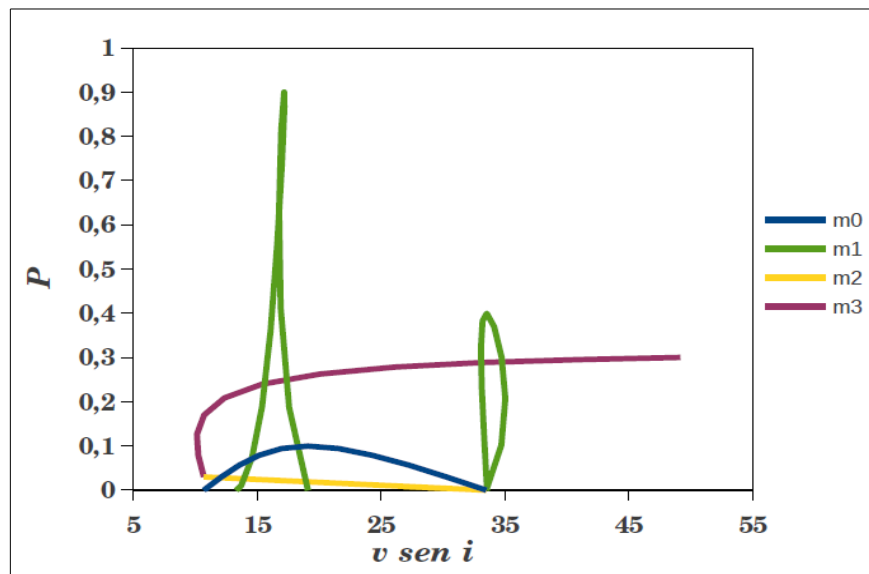


Figura 3.8.: Comportamiento de los momentos para el YII respecto al $v \text{ sen } i$.

En la Figura 3.9. mostramos las distribuciones de $v \text{ sen } i$ para las estrellas de la muestra, V: variables y C: constantes. Puede verse que la mayoría de las V tiene una $v \text{ sen } i$ por debajo de 50 km s^{-1} y las C se distribuyen de manera más uniforme en todo el rango de velocidades. Por lo que se ve que en estrellas de líneas finas ($v \text{ sen } i$ bajo), las variaciones de intensidad se detectan más fácilmente debido a que la relación S/R efectiva de las líneas es mayor, pero es más difícil detectar en ellas variaciones de forma.

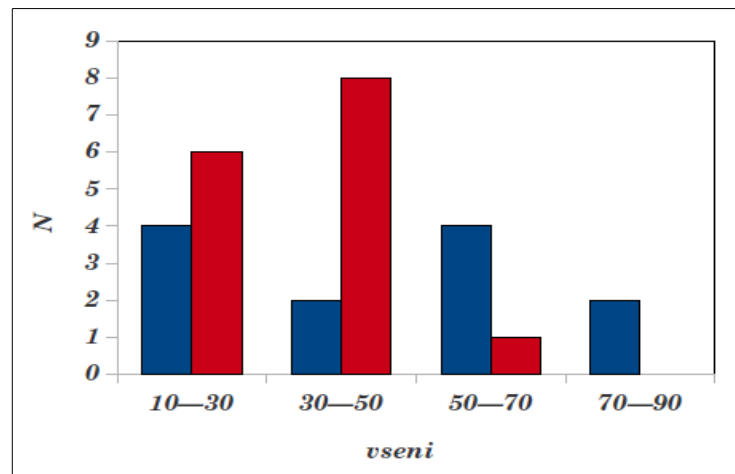


Figura 3.9.: Distribución de $v \text{ sen } i$ para estrellas V (rojo) y C (azul).

En la Figura 3.10. mostramos las distribuciones de T_{ef} para las estrellas consideradas como V y C. Aquí el comportamiento se muestra similar para ambos grupos. En cada intervalo de 1000 K , se encuentra que el 30% es constante, no mostrando ninguna tendencia aparente.

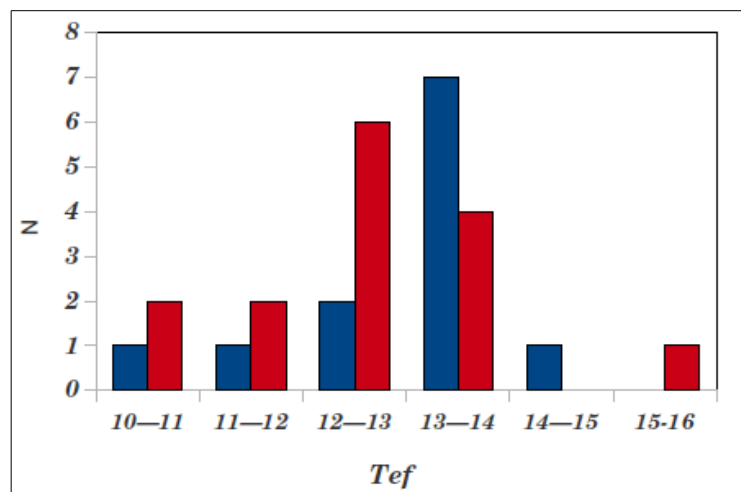


Figura 3.10.: Distribuciones de T_{ef} para las estrellas V (rojas) y C (azules).

A partir de lo expuesto en el presente Capítulo que en parte fue presentado en el Congreso Internacional sobre Estrellas Magnéticas (Nuñez et al. 2011) y los recientes trabajos en relación a la presencia de manchas en estrellas de HgMn, es evidente que esta es una característica muy frecuente en este tipo de estrellas. En nuestra muestra de 26 estrellas analizadas encontramos 14 (56%) con variaciones y asimetrías en líneas de elementos peculiares.

CATÁLOGO DE ESTRELLAS DE HGMN

Resumen

En el presente capítulo se presenta el Catálogo de estrellas de HgMn (CEHgMn), confeccionado a partir de información de diversas fuentes, con el objetivo de disponer de una muestra lo suficientemente homogénea que permita estudiar estadísticamente las características físicas de este tipo de estrellas peculiares. El Catálogo cuenta con **208** estrellas, de las que 54 pertenecen a cúmulos.

4.1. Introducción

Desde que Renson et al. (1991) publicaron la primer versión del *General catalogue of Ap and Am stars* hace ya más de 20 años, éste se ha convertido en un trabajo de referencia para posteriores investigaciones sobre estrellas peculiares. La segunda y última versión de este Catálogo, fue publicada recientemente por Renson & Manfroid (2009) e incluye 8205 estrellas químicamente peculiares de tipos Bp-Ap, HgMn y Am.

Sin embargo, para estudios estadísticos el potencial de este catálogo es bastante limitado. Por un lado es heterogéneo, ya que recopila información de diversas fuentes sin homogeneizar en ningún sentido los parámetros listados. Por otro lado, incluye un significativo número de objetos reportados como posibles estrellas peculiares, pero cuya clasificación no ha sido confirmada. Por esas razones no es un buen material para realizar trabajos estadísticos sin una revisión previa.

Otra fuente de información específica de estas estrellas es el Catálogo bibliográfico de Schneider (1981) donde se listan las publicaciones de 127 estrellas de HgMn o posibles candidatas. Es una herramienta importante para conocer lo que se estudió de cada estrella. Otros aportes importantes en temas específicos son trabajos como los de Schöller et al. (2010) quienes analizando una muestra de 56 estrellas de HgMn dan información sobre multiplicidad; y también el trabajo de Makaganiuk et al. (2010) que intentan medir el campo magnético en 41 estrellas de HgMn.

Como comentamos en el Capítulo 2, realizamos un relevamiento en cúmulos abiertos y usamos observaciones previas que se había realizado en el mismo tipo de ambiente pero con el propósito de detectar estrellas binarias. De los mismos obtuvimos 24 estrellas nuevas de HgMn.

Además revisamos la literatura para detectar información de estrellas ya reportadas y bases de datos espectroscópicos para detectar nuevas.

La necesidad de elaborar un Catálogo específico de estrellas de HgMn, surge de la falta de completitud de las muestras anteriores. Por consiguiente, decidimos elaborar una muestra estadísticamente significativa de este tipo de estrellas peculiares. Trabajamos con datos bibliográficos y algunos adquiridos específicamente para la presente tesis, que detallamos en el Capítulo 2. Calculamos valores de parámetros como $v \text{ sen } i$, T_{ef} y $\log g$ para tener homogeneizados los mismos.

4.2. Fuentes

Para elaborar el CEHgMn tuvimos en cuenta 5 fuentes que a continuación detallamos.

La muestra más numerosa está formada por las 158 (de las 162) estrellas del *CR* (*General catalogue of Ap, HgMn and Am stars* de Renson & Manfroid, 2009). Seleccionamos aquellas estrellas que en su columna de elementos tuviesen Hg, Mn o ambos. De esa selección se pudo verificar en la literatura o bien con espectros de alta resolución que algunas clasificadas como dudosas en realidad no eran de HgMn: **CP -60 982** (NGC 2516 #129), que es una estrella que está confundida su clasificación ya que Abt & Morgan (1969), indican como de Mn a la estrella #126 del cúmulo NGC 2516. **BD +37 438**, **BD-7 624** y **HD 22128** no poseen tipos espectrales en el rango de las estrellas de HgMn.

Nuestra segunda fuente es el relevamiento en cúmulos, que detallamos en el Capítulo 2 de esta tesis, a partir del cual pudimos obtener 17 estrellas nuevas de HgMn y 8 con clasificación dudosas por la baja S/R o bien la baja resolución del espectro utilizado.

La tercer fuente consistió en analizar espectros de la librería de ELODIE⁸ (Prugniel et al. 2007). Seleccionamos objetos en el rango espectral de B6-A0 en la librería de los espectros adquiridos con el espectrógrafo ELODIE tanto en baja

8 <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=III%2F251>

resolución (10000) como en alta (42000). De estas observaciones logramos clasificar 12 estrellas nuevas de HgMn.

La cuarta fuente de nuestro CEHgMn, fue el análisis de espectros FEROS. Aplicamos el método de separación de componentes de sistemas binarios descrito en González & Levato (2006). Luego realizamos la identificación de elementos peculiares en ambas componentes, de esta forma obtuvimos 4 nuevas estrellas de HgMn.

La quinta fuente, pero no por eso menos importante que las anteriores, fue la revisión de literatura. Usamos la base de datos de ADS y las publicaciones presentadas diariamente en arXiv. Con este procedimiento detectamos 6 estrellas (**BD -00 984**, **HD 37492**, **HD 37886**), HD 68826 C, HD 68826 D, HD 75642), siendo las 3 primeras son las más jóvenes de la muestra.

4.3. Determinación de parámetros

4.3.1. Determinación de T_{ef} , $\log g$ y $v \text{ sen } i$

Para la elaboración del CEHgMn, procedimos a completar la información de cada estrella incorporando nuevos datos de la literatura, mediciones propias de velocidad de rotación y parámetros atmosféricos calculados fotométricamente. Para estos últimos decidimos emplear el programa TempLogG^{TNG}, desarrollado en el Instituto de Astronomía de Viena⁹ y la calibración propuesta por Napiwotzky (1993) por los criterios descritos en el Capítulo 1, (ver Sección 1.2.):

$$\Theta = 0.2489 + 0.2698[c_1] \quad (1.3)$$

donde: $T_{ef} = 5040K / \Theta \quad (1.4)$

Calculamos las $v \text{ sen } i$ de los espectros ELODIE con el método descrito en el Capítulo 3 (ver sección 3.2).

4.3.2. Cálculo de d y M_V

Para todas las estrellas del CEHgMn se buscó el valor de paralaje trigonométrica (π) de los Catálogos de HIPPARCOS y TYCHO (Perryman, 1997). Consideramos aquellas estrellas cuya π sea 3 veces mayor que el error estimado, de esta manera obtuvimos 157 estrellas con π correcta para calcular su distancia (d).

9 <http://astro.univie.ac.at/>

A partir de la paralaje π en milisegundos de arco (marcs), se determinó la distancia como $d=1000/\pi$. Luego empleamos el método propuesto por (Bilir et al. 2008) para calcular $(B-V)_0$ y M_V . Usamos los mapas y la base de datos extragalácticos de NASA (*NED*¹⁰), para calcular el $E(B-V)$ que corresponde al valor modelado para una dada dirección desde el Sol hacia el borde de la Galaxia como consecuencia del polvo interestelar. El valor del exceso de color de acuerdo a la latitud galáctica (b) y longitud galáctica (l) en la dirección de la estrella es $E_\infty(B-V)$:

$$(B-V)_0 = (B-V) - E_d(B-V)_0 \quad (4.1)$$

$$M_v = V_0 - 5 \log\left(\frac{1}{\pi_0}\right) + 5 \quad (4.2)$$

donde H es la escala de alturas adoptada del polvo interestelar (125 pc, Marshall et al. 2006).

Calculamos el exceso de color para una estrella a una distancia d por:

$$E_d(B-V) = \frac{A_d}{3.1} \quad (4.3)$$

Para calcular la magnitud y el índice de color intrínsecos de la estrella usamos:

$$V_0 = V - 3.1 E_d(B-V)_0 \quad (4.4)$$

$$(B-V)_0 = (B-V) - E_d(B-V)_0 \quad (4.5)$$

Luego, la magnitud absoluta se obtiene de:

$$M_v = V_0 - 5 \log\left(\frac{1}{\pi_0}\right) + 5 \quad (4.6)$$

Para el caso de que la estrella perteneciera a algún cúmulo, comparamos los resultados y optamos, en el caso que existiese diferencia, por el valor determinado de los parámetros del cúmulo.

4.3.3. Tipo espectral y presencia de elementos peculiares

Para aquellas estrellas que pertenecían al *CR* tomamos los tipos espectrales y la clasificación de elementos presentes en la estrella. Para aquellas estrellas de las que disponíamos de espectros realizamos la clasificación espectral basada,

¹⁰ <http://ned.ipac.caltech.edu/forms/calculator.html>

principalmente, en la relación entre las líneas del HeI 4471 Å y MgII 4481 Å y la presencia e intensidad de la K del Ca. En estos casos optamos por el determinado para este trabajo. Para la identificación de elementos peculiares, inspeccionamos los espectros empleando las listas de identificación del Apéndice B.

4.4. Descripción del CEHgMn

Decidimos colocar una entrada por cada estrella de HgMn. Si más de una estrella pertenece a un sistema múltiple designamos una entrada para cada una de ellas. Para la construcción del CEHgMn, decidimos darle un formato de 3 bloques que a continuación describimos y en el Apéndice C presentamos.

El primer bloque contiene información general de cada estrella y la detallamos en la Tabla C.1:

- ★ Identificador: designación HD si existe, sino TYC, CD, BD o IDS.
- ★ Nombre: correspondiente a la constelación que pertenece.
- ★ Coordenadas: Ecuatoriales ICRS2000 y Galácticas.
- ★ Fuente: R: Catálogo de Renson & Manfroid (2009); REL: Relevamiento de estrellas en cúmulos; ELO: base de datos de ELODIE, L: otros trabajos de la literatura, F: producto de la separación de espectros FEROS.
- ★ T.E.: tipo espectral adoptado.
- ★ Elem: elementos peculiares presentes.
- ★ Multiplicidad espectral: SB: si en el espectro de la estrella se reportaron variaciones de Vr; SB1: sistema binario de una línea; SB2: sistema binario de doble línea. Para aquellas estrellas que no poseíamos espectros se tomó la clasificación obtenida del *9th Catalogue of Spectroscopic Binary Orbits* (Pourbaix et al. 2011).
- ★ P: período orbital en días. Los valores se obtuvieron del CR.
- ★ Multiplicidad visual: parámetro obtenido del *General Catalogue of Ap, HgMn and Am stars* (Renson & Manfroid 2009) y de *The Washington Visual Double Star Catalog* (Mason et al. 2012). Dependiendo de la cantidad de componentes: DV: doble visual, TV: triple visual, CV: cuádruple visual, QV: quintuple visual, MV: sistema múltiple visual.
- ★ N° de componentes: número total de componentes del sistema al que pertenece la estrella.

El segundo bloque que posee datos fotométricos en los sistemas UBV (Johnson & Morgan) y $uvby\beta$ (Strömberg) todos ellos obtenidos de las bases de datos WEBDA o SIMBAD, se presenta en la Tabla C.2.:

- ★ Identificador: designación HD si existe, sino TYC, CD, BD o IDS.
- ★ V: magnitud aparente visual.
- ★ B-V: índice de color.
- ★ M_v: Magnitud visual absoluta.
- ★ (B-V)₀: índice color intrínseco, calculado.
- ★ b-y : Índice de color publicado.
- ★ m1 : Índice de color publicado.
- ★ c1 : Índice de color publicado.
- ★ H β : índice publicado.

El tercer bloque contiene información de parámetros físicos que mostramos en la Tabla C.3.:

- ★ Identificador: designación HD si existe, sino TYC, CD, BD o IDS.
- ★ $v \text{ sen } i$: velocidad rotacional proyectada adoptada.
- ★ Nota_v: referencia de la velocidad de rotación: n: nuestra determinación; b70: Bernacca & Perinotto (1970); a96: Adelman (1996); wl99: Wolf & Lambert (1999); h99: Hubrig (1999); d02: Dolk et al. (2002); d03: Dolk et al. (2003); c04: Catalano et al. (2004); k05: Kochukhov et al. (2005); h06: Huag et al. (2006); r07: Royer et al. (2007); r09: Renson & Manfroid (2009); c10: Cowley et al. (2010); g10: González et al. (2010); g12: González (2012).
- ★ T_{ef}(L): temperatura efectiva obtenida de literatura principalmente en la base de datos de SIMBAD. Para aquellas estrellas de la base de datos ELODIE, se tomaron las determinadas internamente por determinación espectroscópica.
- ★ $\log g$ (L): logaritmo de gravedad superficial obtenida de literatura, principalmente en la base de datos de SIMBAD. Para aquellas estrellas de la base de datos ELODIE, se tomaron las determinadas internamente.
- ★ T_{ef}(N): temperatura efectiva calculada fotométricamente.
- ★ $\log g$ (N): gravedad superficial calculada fotométricamente.
- ★ Paralaje: en milisegundos de arco tomadas de los Catálogos de HIPPARCOS y TYCHO.
- ★ Distancia: distancia en parsecs calculada a partir de paralaje o bien en el caso de ser miembro de cúmulo a partir del módulo de distancia y enrojecimiento del mismo.

- ★ Cúmulo: De pertenecer a un cúmulo, se aclara a cual pertenece la estrella.
- ★ Módulo de distancia: Obtenido de bibliografía, principalmente de la base de datos WEBDA.

4.5. Discusión del catálogo

Describimos a continuación el análisis estadístico realizado al CEHgMn.

4.5.1. Velocidad rotacional

La distribución de velocidad rotacional proyectada para 140 estrellas de las 208 de HgMn se muestra en la Figura 4.1. Presentamos la comparación con la distribución generada para estrellas normales (azul) obtenida de una muestra del *Bright Star Catalogue*¹¹ para 556 estrellas en el rango B6-A1; junto con la distribución para estrellas de HgMn. En la misma se aprecia que la $\langle v \text{ sen } i \rangle$ es de 33 km s⁻¹. El 75% de las estrellas de HgMn, la $v \text{ sen } i < 40$ km s⁻¹. Estos valores son similares a publicaciones anteriores que proponían que la $\langle v \text{ sen } i \rangle$ era de 30 km s⁻¹ (Wolf & Preston 1978). Lo que nos permite concluir que si estas estrellas rotan lentamente el proceso de difusión y circulación meridional propuesto por Charboneau & Michaud (1998) sería el que se produce en la atmósfera de estas estrellas, haciendo posible la existencia de sus anomalías químicas.

Junto al valor de $v \text{ sen } i$ en algunos casos colocamos un *, este hace referencia a que ese valor difiere en más del doble con otras determinaciones. En general se debe a una diferencia en el método empleado, o bien que la resolución de los espectros les limita la determinación a un cierto valor. Optamos por un valor que empleara el método de transformadas de Fourier que se correspondía con nuestra determinación. Puede verse en la Figura 4.1. que mientras para las estrellas de HgMn la frecuencia decrece para valores mayores de 31 km s⁻¹, para las estrellas normales aumenta y/o la supera; con lo cual es evidente la conexión entre baja rotación y peculiaridad. Vemos que sería conveniente analizar la región por encima de $v \text{ sen } i > 40$ km s⁻¹ para asegurar la tendencia obtenida.

Este parámetro es determinante al momento de realizar la clasificación espectral ya que probamos con espectros de baja rotación (~15 km s⁻¹) ensancharlas hasta un valor de 40 km s⁻¹ y vimos que muchas de las líneas de elementos peculiares previamente identificadas (como ser HgII, YII y PtII entre otros) aparecen *blendadas* y en ocasiones al ser débiles no se podían detectar.

11 <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR?-source=V%2F50>

En relación a la distribución de velocidades para estrellas de HgMn pertenecientes a cúmulos y a campo, mostramos en la Figura 4.2 que por debajo de 5 km s^{-1} son más abundantes en campo y en torno a 20 km s^{-1} son más abundantes en cúmulos. En valores intermedios entre estos extremos el comportamiento es similar para ambos ambientes. El valor promedio para las estrellas en cúmulos es de 41 km s^{-1} y para las de campo de 32 km s^{-1} con lo cual podemos inferir que las estrellas de campo suelen tener velocidades más bajas que las de cúmulos.

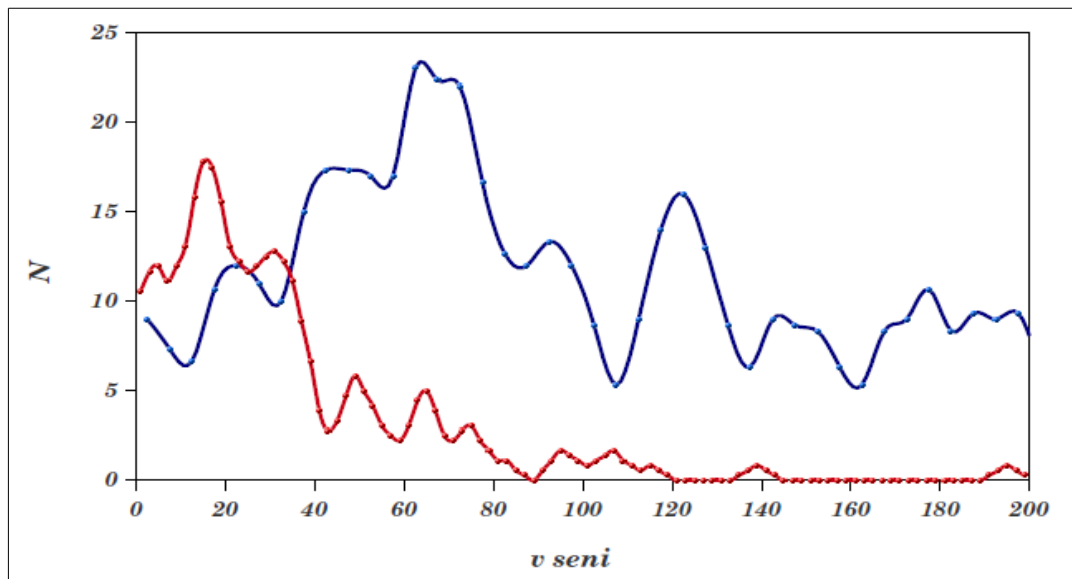


Figura 4.1: Distribuciones de $v \text{ seni}$ para estrellas de HgMn (rojo) y normales (azul).

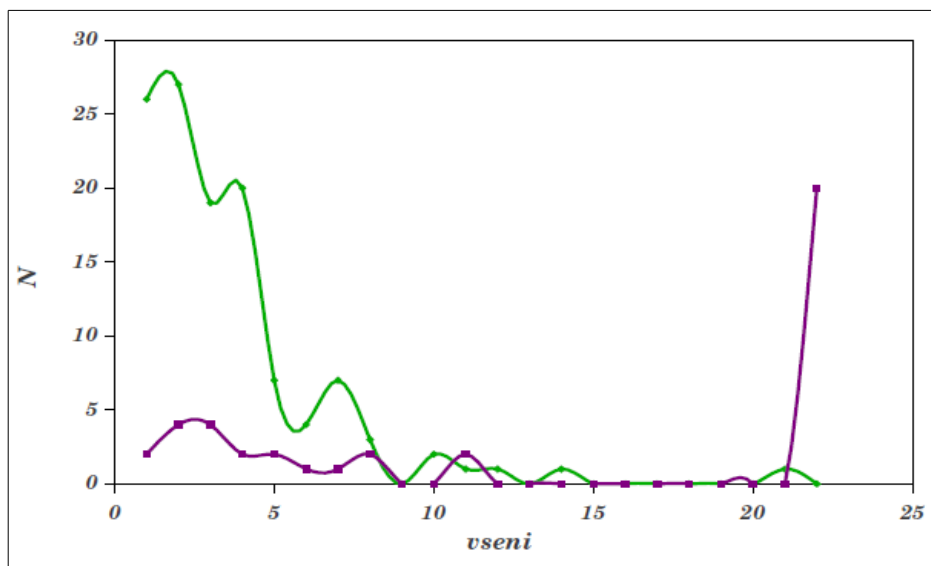


Figura 4.2.: Distribuciones de $v \text{ seni}$ para estrellas de HgMn miembros de cúmulos (magenta) y de campo (verde).

4.5.2. Tipos espectrales

A partir de la distribución de tipos espectrales que mostramos en la Figura 4.3. vemos que el mayor porcentaje corresponde a los tipos espectrales B9-B9.5 con el 56% entre ambos y le sigue B8 con 25% de las estrellas.

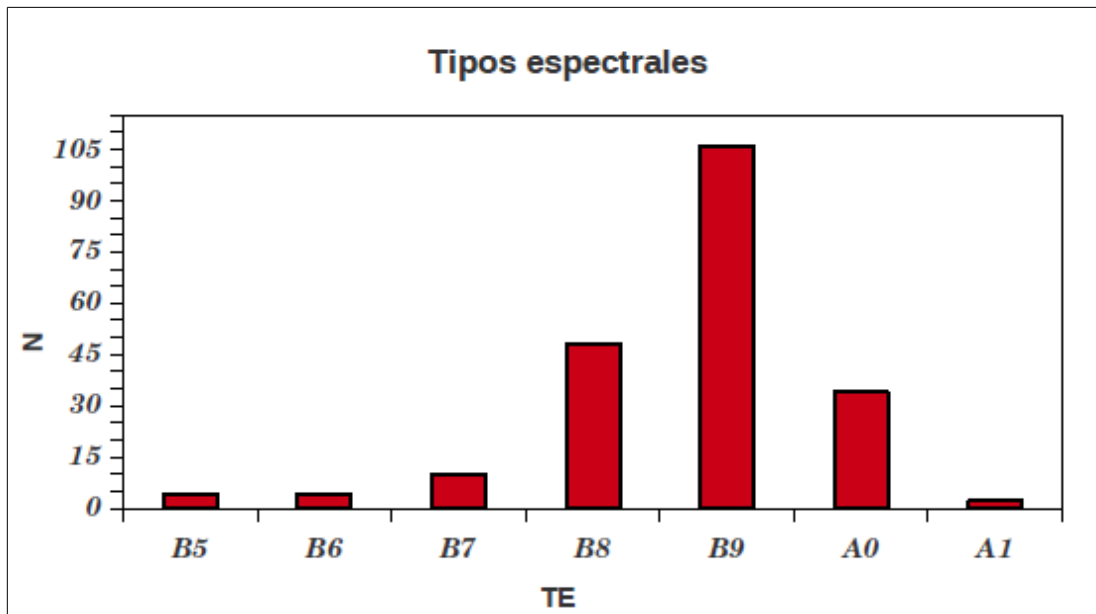


Figura 4.3: Distribución de tipos espectrales (TE)

4.5.3. Multiplicidad y períodos orbitales

Analizamos las distribuciones de multiplicidad espectroscópicas y de cantidad de componentes, obtenidas a partir de la combinación de las componentes espectroscópicas y visuales. En la Figura 4.4. mostramos que el 55% es una estrella múltiple espectroscópica SB, SB1 (con espectro de una línea), SB2 (con espectro de dos líneas), SB3 (con espectro de 3 líneas) o SB4 (con espectro de 4 líneas), NC: significa que no hay reporte conocido de que esa estrella pertenezca a un sistema binario espectroscópico. En la Figura 4.5. mostramos la distribución de períodos de los sistemas espectroscópicos. Encontramos, al igual que Gerbaldi et al. (1985), que no hay sistemas por debajo de 3.11 días y que a partir de ~12 días la frecuencia decrece. Los dos sistemas de largo período (HD 3322 y Hd 4335) se encuentran en la literatura como dudosos. En la Figura 4.6. mostramos la distribución del N° de componentes, puede apreciarse que el 80% pertenece a sistemas múltiples siendo el 60% de éstos para los sistemas dobles visuales.

El hecho de que más del 50% de las estrellas SB posean una componente de HgMn y que el 80 % de los mismos pertenezca a sistemas múltiples nos permite suponer que la relación entre multiplicidad y peculiaridad de HgMn es importante y debería estudiarse en profundidad, especialmente haciendo hincapié en aquellos sistemas clasificados como múltiples de manera que podamos conocer cuan determinante es la multiplicidad en la ocurrencia de la peculiaridad estudiada.

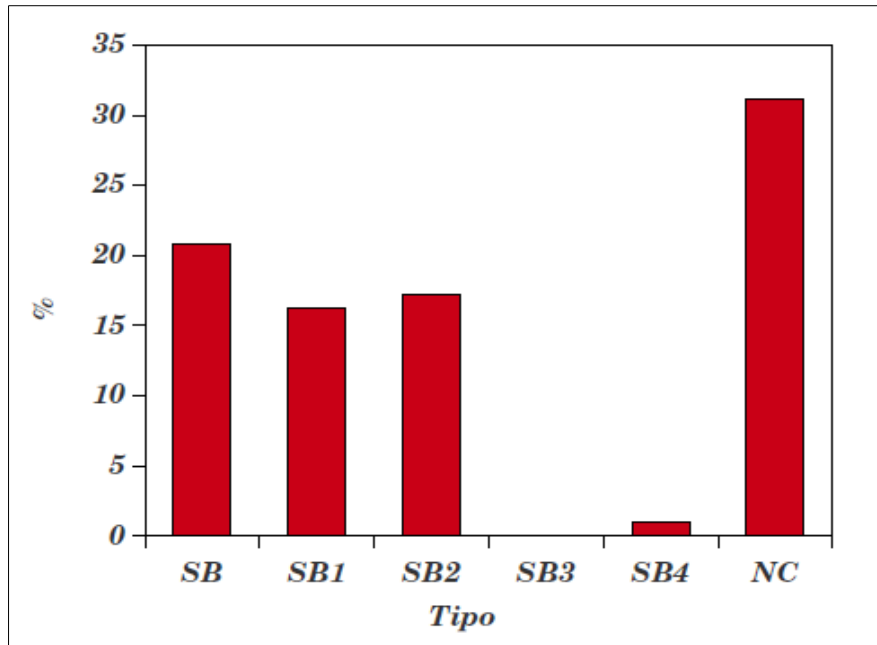


Figura 4.4: Multiplicidad espectroscópica en estrellas de HgMn.

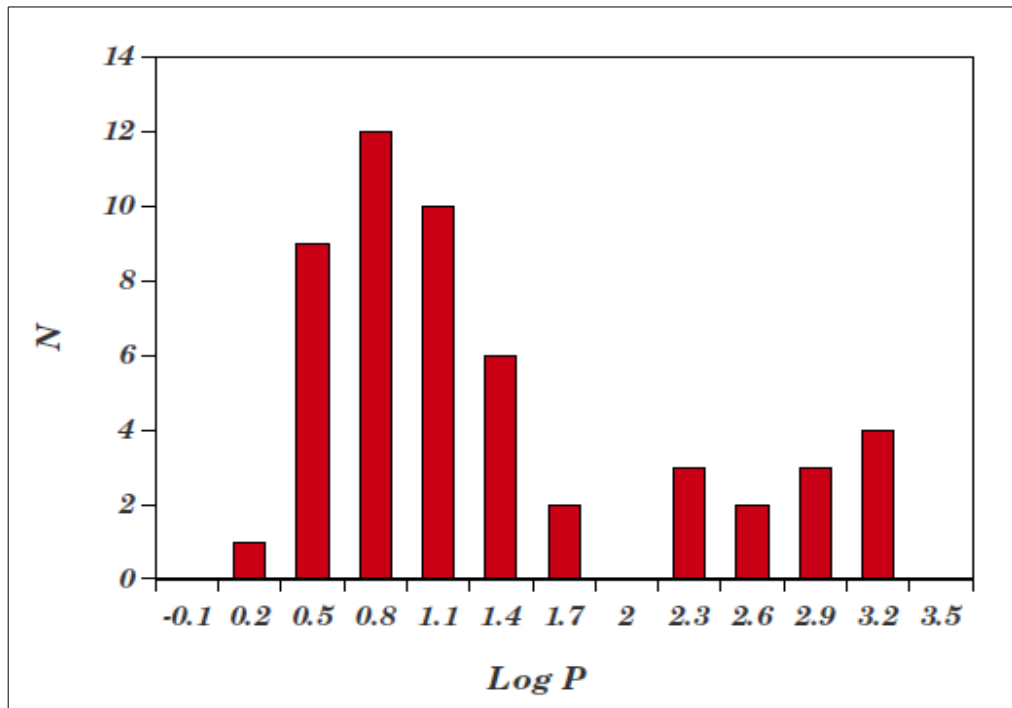


Figura 4.5: Distribución de períodos orbitales.

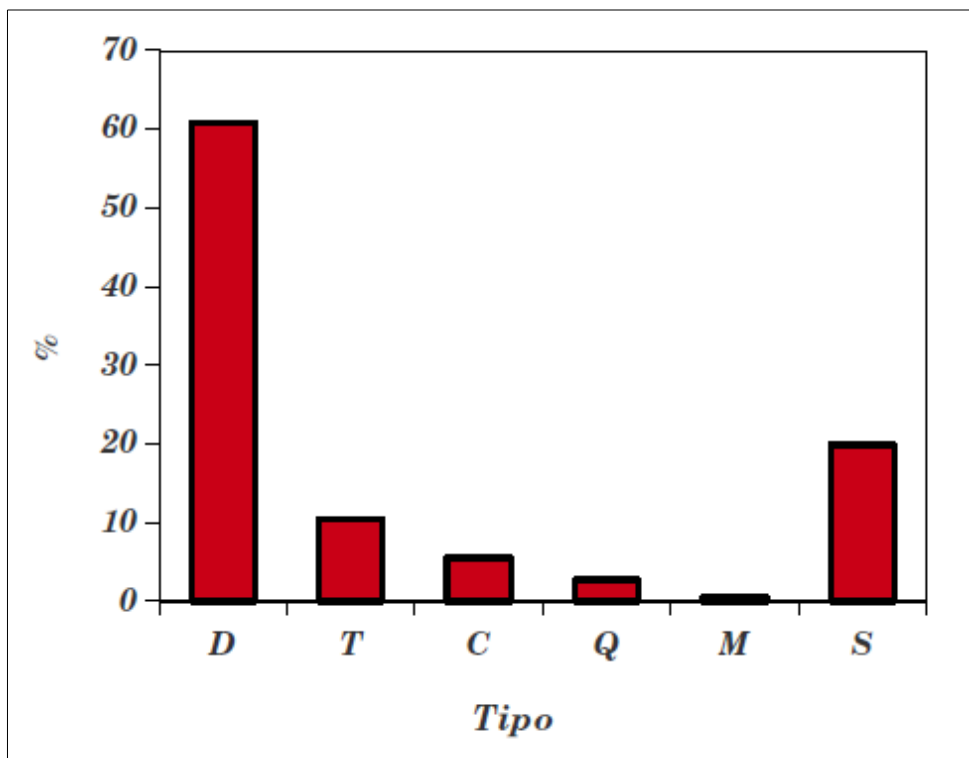


Figura 4.6.: Multiplicidad en estrellas de HgMn.

4.5.4. T_{ef} y $\log g$

En las Figuras 4.7 y 4.8 mostramos las relaciones entre nuestra determinación fotométrica y las de la literatura para la T_{ef} y el $\log g$ respectivamente. Para el caso de la T_{ef} vemos que la relación es casi lineal. La diferencia máxima entre ambas temperaturas es de 2000 K en un solo caso, la desviación de las diferencias entre ambas es de 200 K. Por lo que concluimos que la determinación de T_{ef} además de ser homogénea es confiable. Para el caso el $\log g$ la dispersión es mayor por lo que consideramos que sería importante una revisión de los modelos evolutivos de este tipo de estrellas.

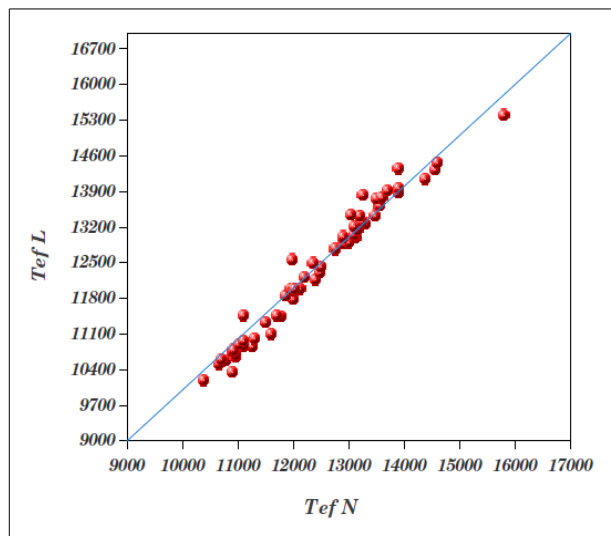


Figura 4.7: Relación entre temperaturas fotométricas y de literatura.

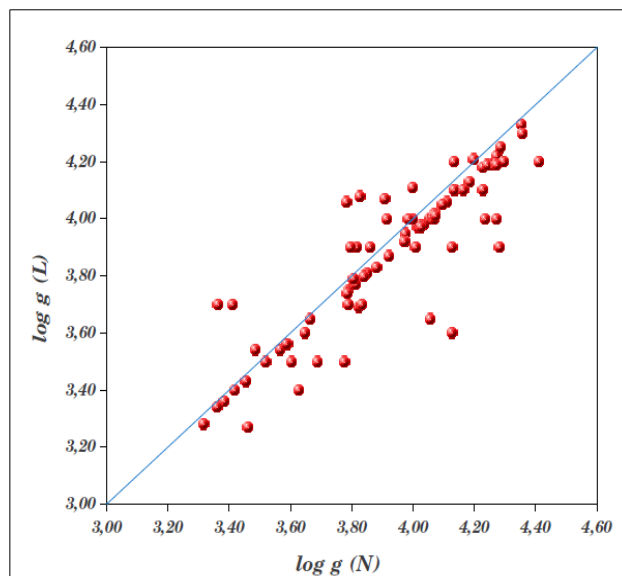


Figura 4.8: Relación entre $\log g$ fotométricos y de la literatura.

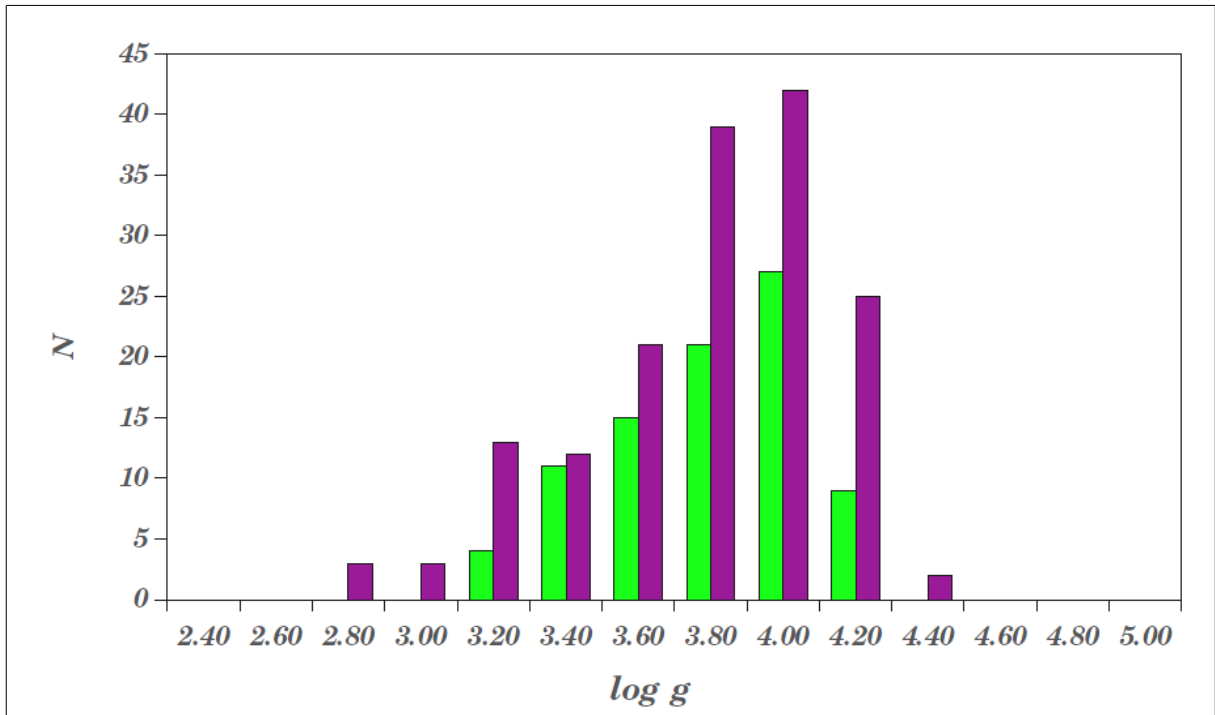


Figura 4.9.: Distribuciones de T_{ef} para estrellas de HgMn. Determinaciones fotométricas (magenta) y de literatura (verde).

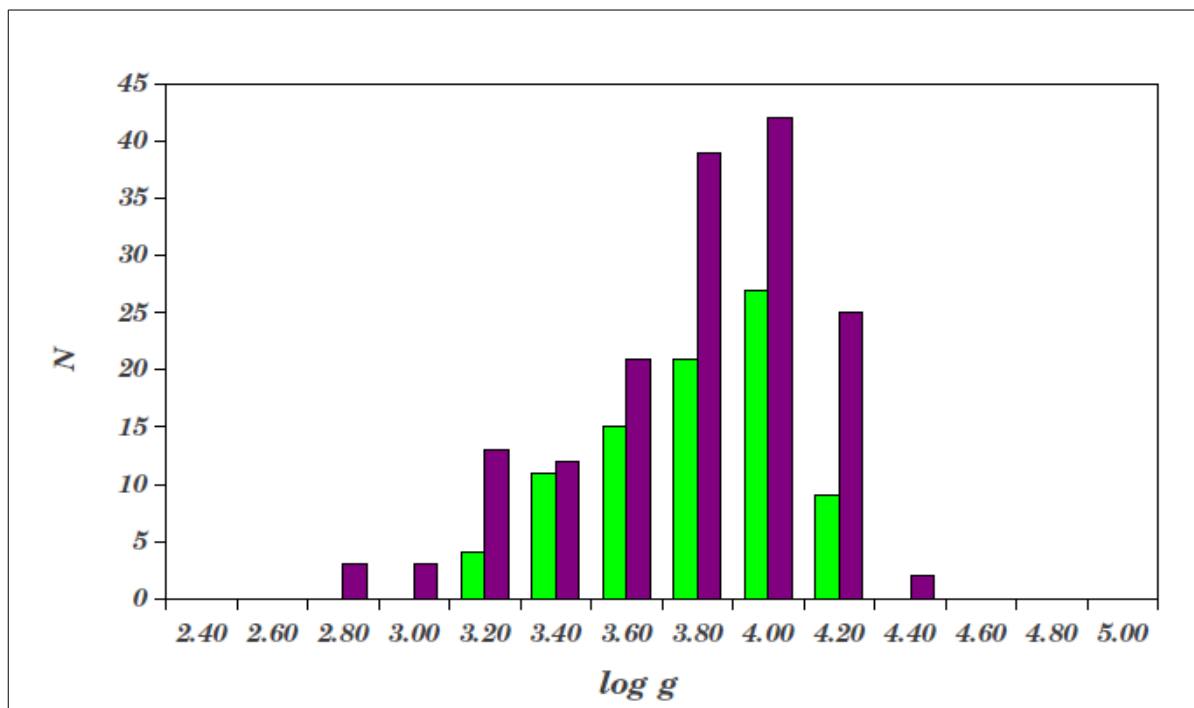
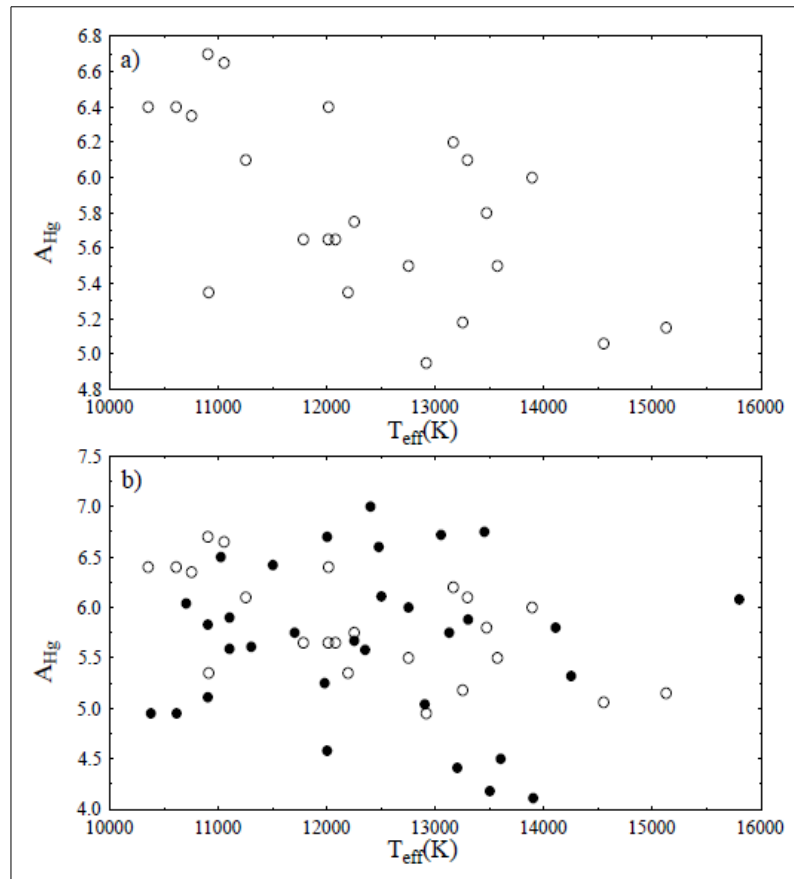


Figura 4.10: Distribución de $\log g$ para estrellas de HgMn. Determinaciones fotométricas (magenta) y de literatura (verde).

En las Figura 4.9 y 4.10, mostramos las distribuciones de T_{ef} y $\log g$ para ambas determinaciones, respectivamente. Puede apreciarse que para la determinación fotométrica el 87% de las estrellas de HgMn tienen una temperatura en el rango de 10000 a 14000 K y un $\log g$ entre 3.4 y 4.2.

Veamos a continuación que nos podrían estar indicando estos valores, en relación a los procesos que están ocurriendo en estas estrellas. Según Vauclair (1983), las estrellas de HgMn se ubican en una región de

Las distribuciones de T_{ef} y $\log g$ no dan idea de cual es el patrón de abundancias de este grupo, ya que no es un conjunto homogéneo, en el sentido de que están incluidas todas las estrellas con el mismo peso, sin importar su grado de peculiaridad. Pero resulta importante que notemos que la abundancia de diferentes elementos varía con la T_{ef} dentro del mismo grupo como se puede ver en la Figura 4.11 (Smith y Dworetzky, 1993)



Figuras 4.11.: Abundancia vs. T_{ef} para a.) estrellas con $v \sin i < 10 \text{ km seg}^{-1}$ y b) la muestra completa de Smith & Dworetzky (1993) estrellas de líneas finas (círculos abiertos) y de líneas anchas (círculos negros). Imagen extraída de Smith y Dworetzky (1993)

La mayoría de las estrellas de HgMn (según la Figura 4.9.) poseen T_{ef} de 13000K, por lo que según Babel (1996), eso podría ser indicativo de que en estas estrellas existen vientos. Por ello correlacionamos nuestros resultados con los modelos propuestos por Babel (1996) para vientos originados radiativamente, para poder revisar que porcentaje de las estrellas de HgMn presentarían las condiciones para originar vientos en sus atmósferas.

En la Figura 4.12 mostramos la posición de 124 estrellas del CEHgMn para las que determinamos T_{ef} y $\log g$ fotométricamente, junto con las regiones propuesta por Babel (1996), entre curvas verdes secuencia principal, por encima de curva amarilla solución de viento homogéneo, por debajo de curva azul solución estática para el H y entre curvas amarilla y azul región donde puede existir viento multicomponente.

Encontramos que el 26 % de las estrellas se encuentran en la zona de vientos multicomponente (que podría ocasionar que los metales fluyan hacia la parte superior de la atmósfera, lo que podría produciría las inhomogeneidades en la atmósfera de la misma), un 9% en la región de solución de viento homogéneo y el 65% en la región de solución estática para el H por lo que no existen vientos. A la luz de este análisis y teniendo en cuenta lo dicho anteriormente que las determinaciones de $\log g$ merecen una revisión es que concluimos que no sería factible que se produjesen vientos en la superficie de las estrellas de HgMn, que originen las inhomogeneidades presentes en estas estrellas.

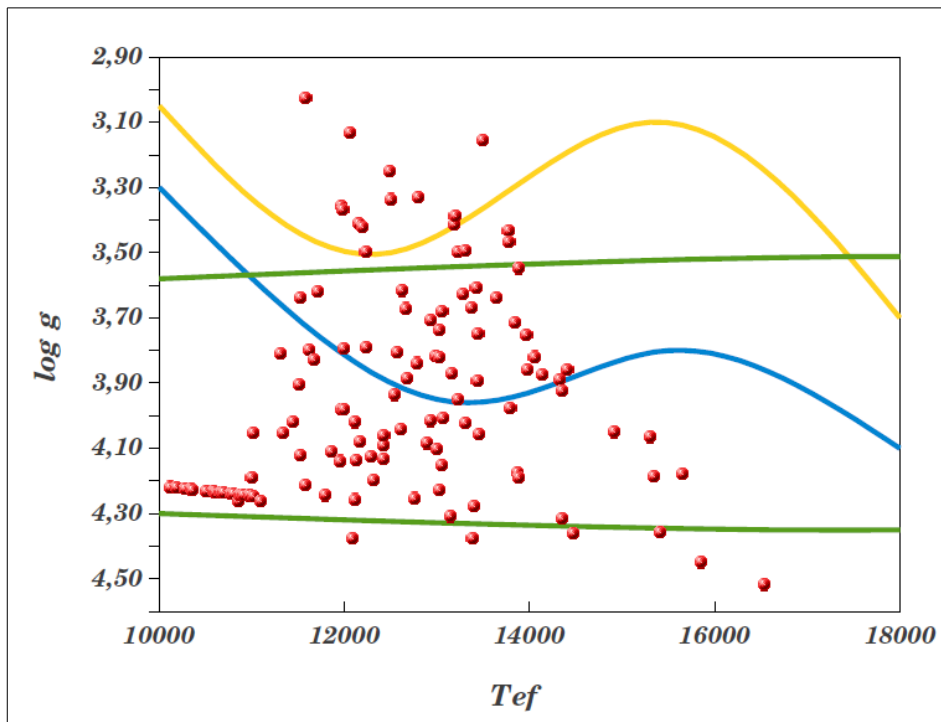


Figura 4.12.: Relación T_{ef} vs $\log g$ para las estrellas de HgMn.

4.6. A modo de conclusión

Como dijimos al comienzo se conocían hasta el presente 164 estrellas de HgMn y con nuestro trabajo logramos conformar una muestra de 208 estrellas (6 de las cuales consideramos dudosas en la clasificación que realizamos) a partir de varias fuentes, incrementando de esta forma en un 27% la cantidad de estrellas que se conocían. En la Figura 4.6. se muestra el Diagrama H-R de todas las estrellas a las que pudimos calcular su M_V . Separamos en tres grupos la muestra, las que pertenecen a cúmulos (en rojo), las que tenían distancias menores a 50 pc (en color naranja) y las más lejanas (en verde). Incluimos las isócronas de Girardi et al. (2000) y colocamos el valor de $\log \tau$ entre paréntesis.

Se puede ver que hay una gran dispersión hacia índices bajos. Analizamos las estrellas en esa región y detectamos, que HD 135485 $\{(B-V)_0 = -0.166$ y $M_V = 0.89\}$ fue analizada por Trundle et al. (2001) y considerada como una estrella evolucionada. En el Catálogo de Renson & Manfroid (2009) estaba clasificada como B5 con Mn, Ti y N como elementos peculiares presentes. Esto nos lleva a considerar que nuestro CEHgMn requiere de una revisión más profunda, quizás a partir de una reobservación espectroscópica de aquellos objetos con poca información; ya que al confiarnos en la determinación previa no realizamos análisis exhaustivos de cada estrella, solo descartamos aquellas que de forma espectroscópica pudimos analizar.

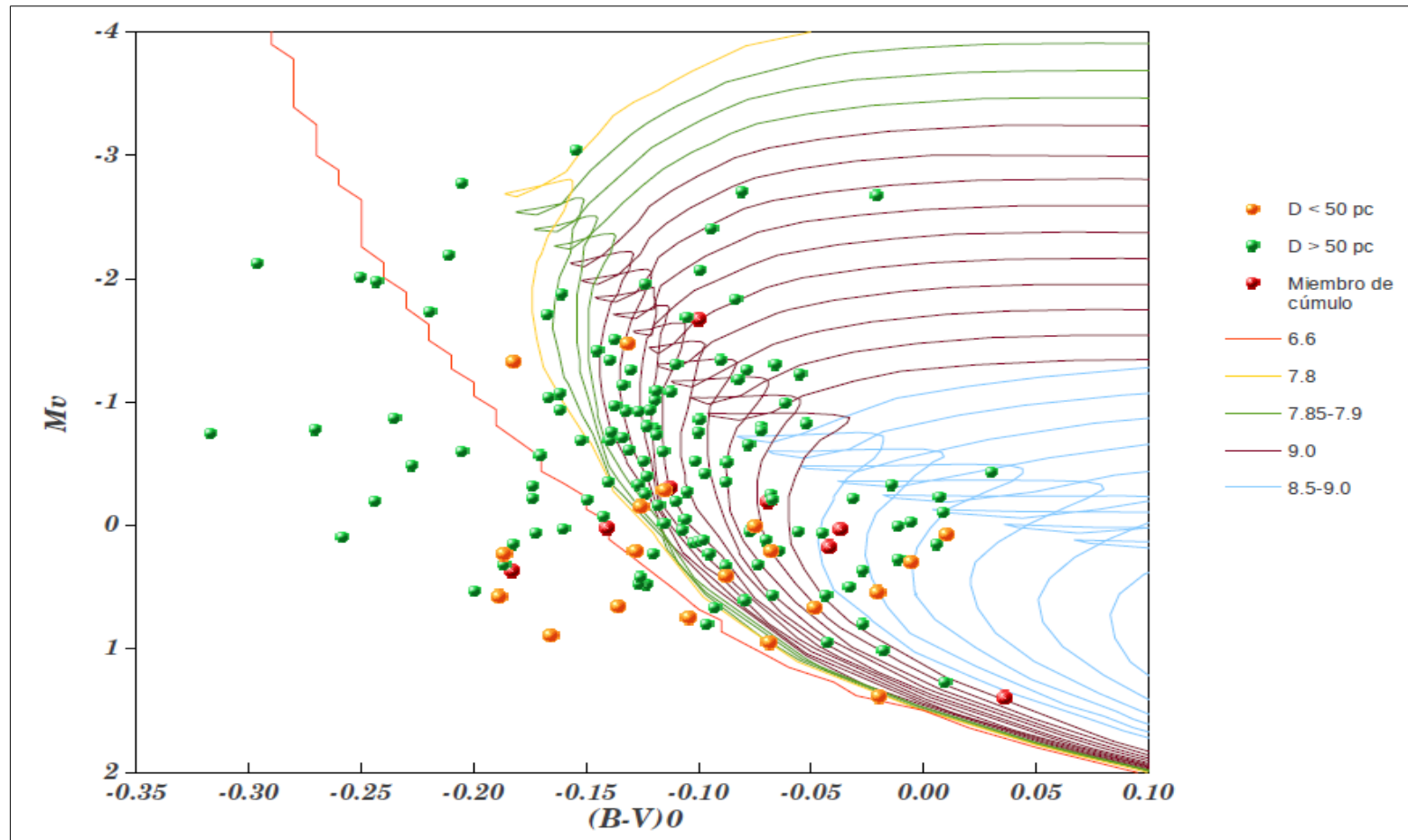


Figura 4.12...: Diagrama H-R de estrellas de HgMn. Rojas: miembro de cúmulos, naranjas: con distancias menores a 50 pc, verdes con distancias mayores a 50 pc.

CONCLUSIONES

Planteamos la realización de la presente tesis con la intención de obtener parámetros generales que nos permitan conocer qué características debe tener una estrella para considerarse como de HgMn.

Algunos trabajos estadísticos previos con pequeñas muestras permitieron determinar que son estrellas no magnéticas, de baja rotación ($\sim 30 \text{ km s}^{-1}$) y con tipos espectrales entre B5-A1 (que $\sim 29\%$ eran B8 o B9).

Posteriormente se publicó el Catálogo de estrella Ap y Am (Renson et al. 1991) y durante el desarrollo de la presente tesis lanzaron su segunda versión en el 2009. A pesar de ello consideramos que nuestro aporte es interesante en el sentido que logramos depurar en parte la muestra de estrellas de HgMn conocidas o probables. Una confirmación definitiva debería realizarse usando criterios homogéneos para la determinación de tipo espectral y la clasificación como estrella peculiar de HgMn. A pesar de que el trabajo de relevamiento en estrellas de cúmulos realizado en la presente tesis es más bien exploratorio antes que exhaustivo, aumentamos en más del 50% el número de estrellas conocidas en cúmulos, lo que nos permitió conocer que las edades de las mismas se distribuyen entre 4×10^6 y 3×10^8 años. Un relevamiento de mayor envergadura, por ejemplo con espectrógrafos multiobjeto, estimamos que reeditaría en un importante número de nuevas estrellas peculiares, aún con $V < 10$.

Las estrellas de HgMn forman parte muy frecuentemente de sistemas múltiples. Si nos referimos a sistemas espectroscópicos más del 55% pertenece a un sistema múltiple de este tipo. Pero si incluimos las componentes visuales, la frecuencia es del 80%. Sin embargo, es difícil sacar conclusiones sobre la frecuencia real de multiplicidad y, en particular, decir si esta frecuencia es significativamente mayor a la de estrellas normales de la misma temperatura, debido a los variados efectos de selección que pueden afectar la presente muestra. En particular, los objetos más débiles o recientemente reportados como estrellas peculiares no cuentan con estudios observacionales detallados y por lo tanto su multiplicidad no está bien establecida. La comparación debe hacerse sobre un subconjunto de estrellas limitado por magnitud o volumen, de manera que se restrinja a los objetos mejor estudiados.

Para analizar la presencia de una distribución no homogénea de elementos químicos peculiares o bien manchas químicas en la atmósfera de estrellas de HgMn,

analizamos una muestra de 26 estrellas de HgMn. Encontramos que el 53% presentan variaciones espectrales relacionadas con manchas químicas. Esto indica que la distribución superficial no uniforme de elementos químicos es más bien una regla antes que una excepción en las estrellas de HgMn. Teniendo en cuenta que los intentos de detección de campos magnéticos han sido en general infructuosos, nos planteamos dos posibles alternativas que sugieren sendas estrategias de investigación:

- a) Las estrellas de HgMn tienen campos magnéticos relativamente intensos pero de intrincada configuración geométrica. Estos campos originan regiones con diversas condiciones para la difusión sobre la superficie estelar y definen por lo tanto las manchas químicas. Los esfuerzos, por ello, deben dirigirse a desarrollar técnicas o estrategias observacionales que permitan la detección de campos magnéticos de estas características.
- b) Las manchas químicas en las estrellas de HgMn no están relacionadas con campos magnéticos. En este caso el desafío es desarrollar modelos teóricos que puedan originar distribuciones químicas superficiales no uniformes sin recurrir a campos magnéticos, como el modelo propuesto por Turcotte (2005).

En relación a la completitud de nuestro CEHgMn, mostramos en la Figura 5.1. la distribución de estrellas de TYCHO seleccionadas con el criterio de (B-V) en el rango de -0.15 a 0.15 y la de estrellas de nuestro CEHgMn. Podemos encontrar que la relación entre el N° de estrellas de HgMn en relación a TYCHO es ~ 10%. Si asumimos que hasta magnitud 4 la muestra de HgMn es completa, entre 5-6 conocemos sólo el 50%, para V~8 el 17% y V=9 menos del 10% es conocido. A diferencia de lo que ocurre con otros tipos de objetos astronómicos en los que el número de objetos conocidos aumenta exponencialmente en el tiempo, la cantidad de estrellas de HgMn incluidas en los catálogos no se ha visto incrementado significativamente en las últimas décadas. Baste mencionar que el Catálogo de Schneider (1981) tiene 127 estrellas reportadas hasta finales de 1979, mientras que el de Renson & Manfroid (2009) incluye 162.

Consideramos que esto ocurre debido a que en los últimos 10 años se ha puesto el mayor esfuerzo en el estudio detallado de unas pocas estrellas de HgMn bien conocidas. Estos trabajos apuntan a lograr una acabada descripción física (incluyendo variaciones químicas en las tres dimensiones, variaciones temporales, campos magnéticos, etc.) de objetos prototipos. Entretanto, muchas otras han permanecido con clasificación dudosa desde hace 30 o 40 años y no han recibido atención. Resulta fundamental para un estudio estadístico confiable, que la muestra de estrellas de HgMn esté limpia de clasificaciones erróneas o marginales, de manera que la muestra defina adecuadamente la clase de objeto en estudio.

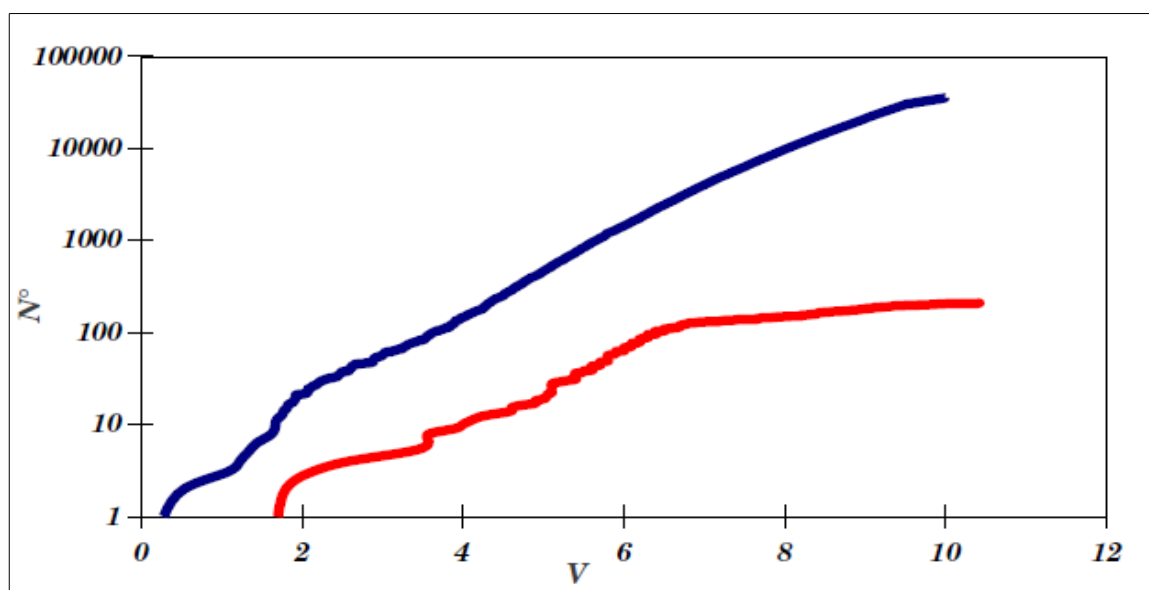


Figura 5.1.: Distribuciones de estrellas para TYCHO (azul) y las del CEHgMn (rojo).

Si bien en esta tesis pudimos confirmar o rectificar la clasificación de varias estrellas de peculiaridad dudosa, el presente CEHgMn incluye aún numerosos objetos reportados como peculiares o sospechosos de serlo que no pudieron ser confirmados con espectroscopía de alta resolución. Consideramos que una reobservación sistemática de estas estrellas dudosas sería un paso importante para la conformación de una muestra realmente apta para estudios estadísticos.

Consideramos, sin embargo que el CEHgMn es un aporte relevante, no solo en cuanto al incremento del número de estrellas de HgMn conocidas, sino también en lo que respecta a la determinación de parámetros físicos y la especificación de los elementos peculiares presentes en cada objeto.

Quedan aún tópicos por analizar, que constituyen planes a futuro, en relación a lo patrones de abundancia y su relación con la temperatura y rotación entre otros parámetros. Además, los patrones de peculiaridad química presentan una gran diversidad de las estrella de HgMn, por lo que un estudio general de los mismos podría conducir a una revisión de la definición de esta clase de peculiaridad y la posible subdivisión en grupos o bien el estudio de la transición hacia otros tipos de estrellas peculiares.

REFERENCIAS

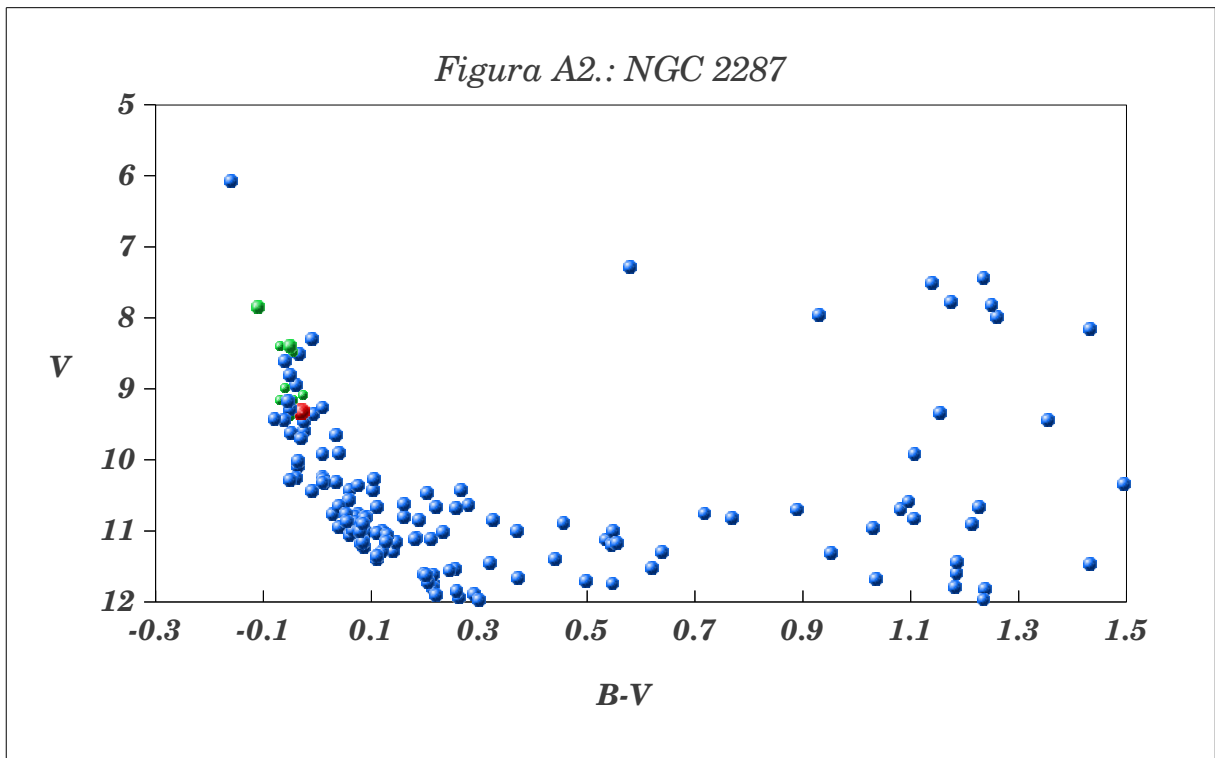
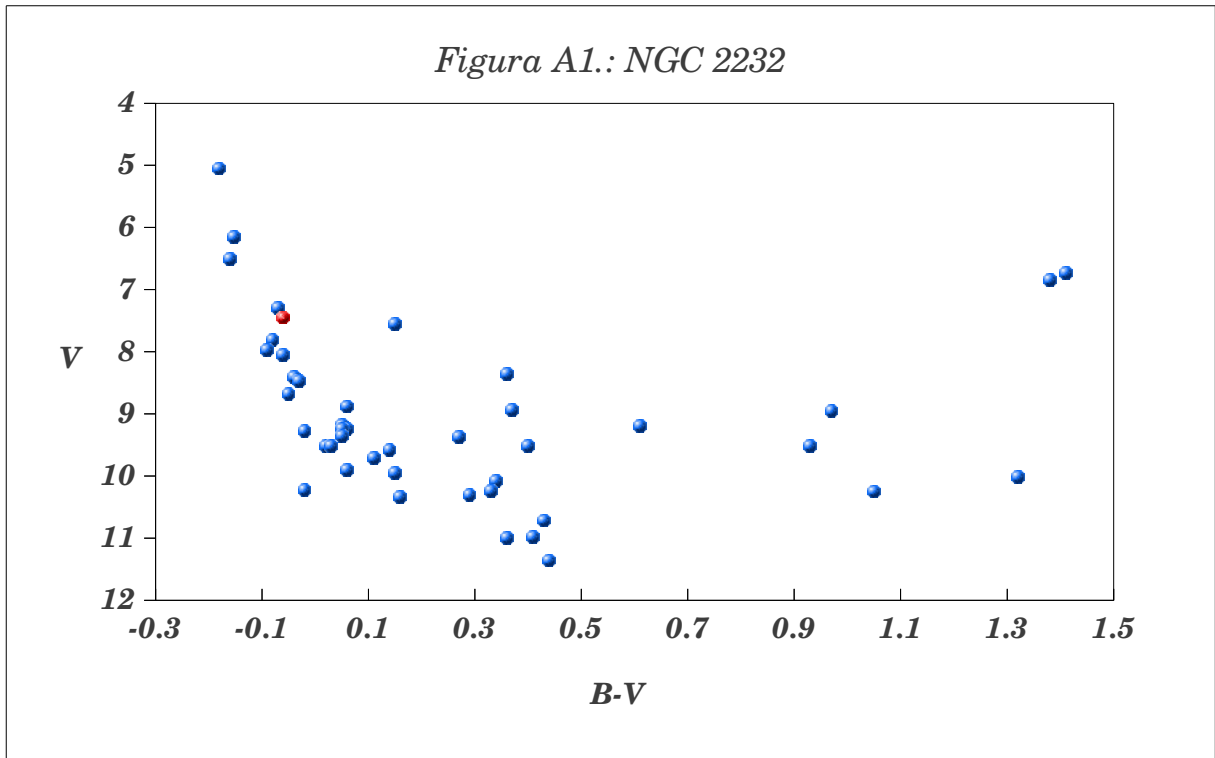
- ★ Abt, H.A.; Morgan, W. W., AJ 74, 813 (1969).
- ★ Abt, H.A.; Levy, S.G., ApJ 172, 355 (1972).
- ★ Abt, H.A. & Levato H. PASP 87, 849 (1975).
- ★ Abt, H.A & Levato H.; PASP 89, 648 (1977).
- ★ Abt, H.; ApJ 230, 485 (1979).
- ★ Adelman, S.; Gulliver, A.; Kochukhov, O.P.; Ryabchikova, T.A; ApJ 575, 449 (2002).
- ★ Adelman, S.J.; Adelman, A.S.; Pintado, O.I; A&A 397, 267 (2003).
- ★ Bernacca, P. L.; Perinotto, M.; CoAsi 239, 1 (1970)
- ★ Betaud, Ch & Floquet, M., A&AS 16, 71 (1974).
- ★ Bilir, S.; Ak, T.; Soydugan, E.; Soydugan, F.; Yaz, E.; Filiz Ak, N.; Eker, Z.; Demircan, O.; Helvaci, M.; AN 329, 835 (2008)
- ★ Bidelman, W.P.; AJ 67,111. (1962).
- ★ Briquet, M.; Korhonen, H.; González, J. F.; Hubrig, S.; Hackman, T.; A&A 511, 71 (2010).
- ★ Castelli, F. & Hubrig, S.; A&A 425, 263 (2004).
- ★ Charbonneau, P. & Michaud, G.; ApJ 327, 809 (1998).
- ★ Crawford, D.L. & Mandwewala, N. PASP 88, 917 (1976).
- ★ Dolk, L.; Wahlgren, G. M.; Lundberg, H.; Li, Z. S.; Litzén, U.; Ivarsson, S.; Ilyin, I.; Hubrig, S.; A&A 385, 111 (2002).
- ★ Dolk, L; Wahlgren, G.M; Hubrig, S.; A&A 402, 299 (2003).
- ★ Folsom, C.P.;Kochukov, O.;Wade, G.A.; Silvester, J.; Bagnuolo, S.; MNRAS 407, 2383 (2010).
- ★ Gerbaldi, M.; Floquet, M. & Hauck, B. A&A 146, 341 (1985).
- ★ Girardi, L.; Bressan, A.; Bertelli, G.; Chiosi, C.; A&A 141, 371 (2000).
- ★ González, E.; Tesis de Licenciatura, Director: González, J.F. FCEFyN, UNSJ (2012).
- ★ González, J.F. & Levato, H.; A&A 448, 283 (2006).
- ★ González, J.F. & Levato, H.; RmxAC 35,300 (2009).
- ★ González, J.F; Hubrig, S.; Castelli, F.; MNRAS 402, 2539 (2010).
- ★ Guthrie B.N.G.; Ap&SS 13, 168 (1971).
- ★ Harris, G.L. H.; Fitzgerald, M. P. V.; Mehta, S.; Reed, B.C., AJ 106, 1533 (1993).
- ★ Hauck, B. & North, P. A&A 269, 403 (1993).
- ★ Havnes, O. & Conti, P.S.; A&A 14, 1 (1971).
- ★ Huang, W.& Gies, D. R.; ApJ 648, 580 (2006).
- ★ Hubrig, S. & Mathys, G.; ASP Conf. Series 81, 555 (1995).

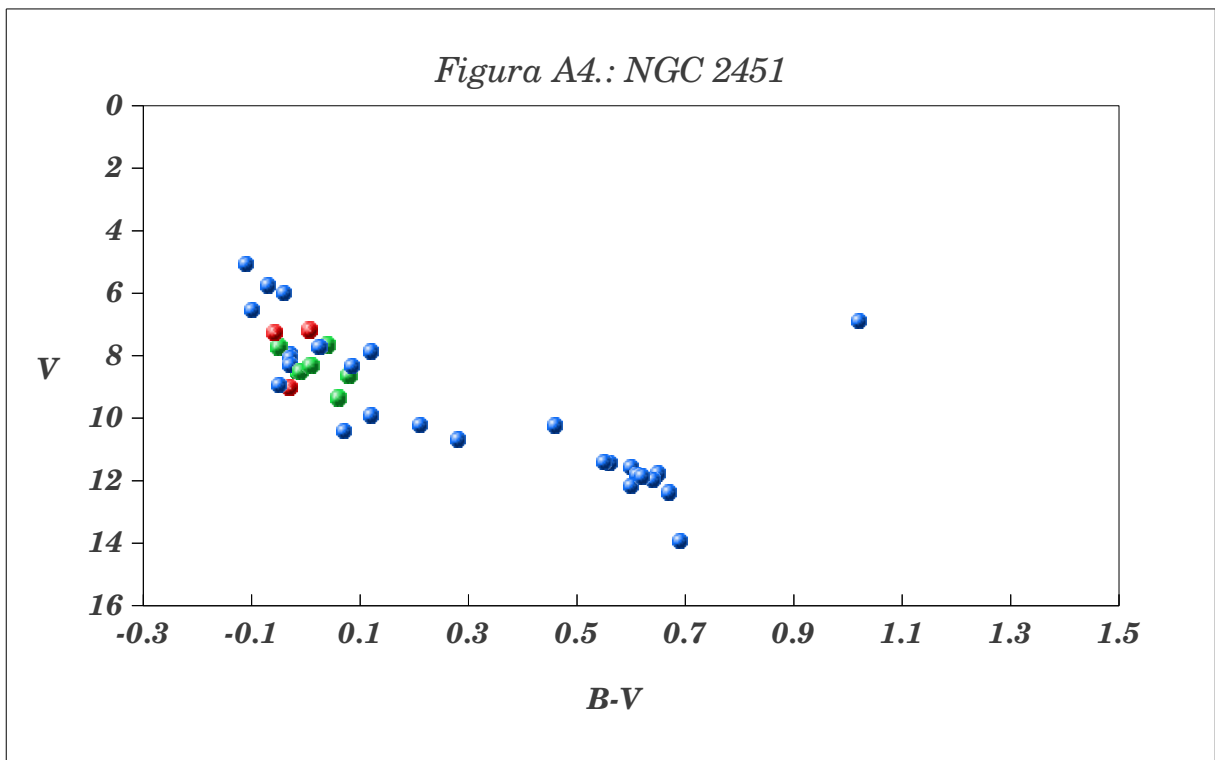
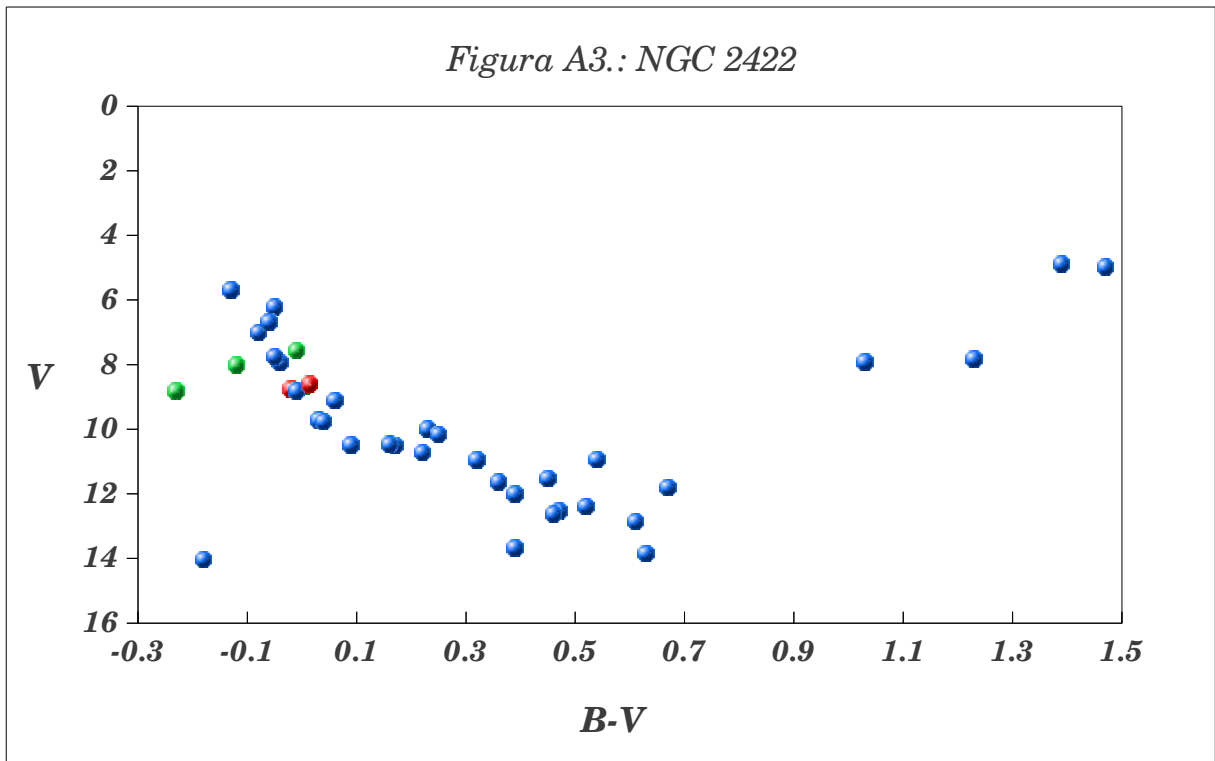
- ★ Hubrig, S. & Mathys, G.; A&A 120, 457 (1996).
- ★ Hubrig, S., CoSka 27, 296 (1998).
- ★ Hubrig, S., Castelli, F., Mathys, G. A&A 341, 190 (1999).
- ★ Hubrig, S.; González, J.F.; Savanov, I.; Schöller, M.; Ageorges, N.; Cowley, C.R.; & Wolff, B.; MNRAS 371, 1953 (2006).
- ★ Ianna, P.A., PASP 82, 825 (1970).
- ★ Jaschek, C. y Jaschek, M. Classification of Stars, Cambridge University Press: Cambridge. (1987).
- ★ Kochukhov, O.; Piskunov, N.; Sachkov, M. & Kudryavtsev, D.; A&A 439, 1093 (2005).
- ★ Kochukhov, O.; Adelman, S.J.; Gulliver, A.F. & Piskunov, N. NatPh 3, 526 (2007).
- ★ Korhonen, H.; Hubrig, S.; Briquet, M.; González, F.; Savanov, I.; IAUS 273, 116 (2011).
- ★ Maitzen, H.M.; A&A 51,223 (1976).
- ★ Makaganiuk, V.; Kochukhov, O.; Piskunov, N.; Jeffers, S.V.; Johns-Krull, C.M.; Keller, C.U.; Rodenhuis, M.; Snik, F.; Stempels, H.C.; Valenti, J.A. IAUS 272, 202 (2010).
- ★ Marshall, D.J., Robin, A.C., Reylé, C., Schultheis, M., Picaud, S.; A&A 453, 635 (2006).
- ★ Martinov, A.G., Astron. Zh. 14, 306 (1937).
- ★ Michaud, G.; ApJ 160, 641 (1970).
- ★ Morgan W.W. ApJ 73, 104 (1931).
- ★ Morgan W.W: ApJ 77, 330 (1933).
- ★ Napiwotzki, R.; Schönberner, D.; Wenske, V; A&A 268, 653 (1993).
- ★ Netopil, M; Paunzen, E.; Maitzen, H.M.; North, P.; Hubrig, S.; A&A 491, 545 (2008).
- ★ North, P. & Debernardi, Y.; ASPC 318, 297 (2004).
- ★ Nuñez N.E., González J.F., Hubrig S.; Proceedings of the International Conference Magnetic Stars, 361. (2011).
- ★ Pendl, E.S.; Seggewiss, W.; IAU Coll. 32, 357 (1976).
- ★ Perryman, M.A.C. & ESA; ESASP 1200 (1997).
- ★ Preston, G. W. ; ARA&A 12, 257.(1974).
- ★ Pourbaix, D., Tokovinin, A. A., Batten, A. H., et al.; A&A , 424, 727 (2004).
- ★ Renson P., Gerbaldi M., Catalano F.A.; A&AS 89, 429 (1991).
- ★ Renson, P. & Manfroid, J. ; A&A 498, 961 (2009).
- ★ Royer, F.; Zorec, J.; Gómez, A. E.; A&A 463, 671 (2007).
- ★ Ryabchikova, T. ; CoSka 27, 319 (1998).
- ★ Savanov, I. & Hubrig, S.; A&A 410, 299 (2003).
- ★ Savanov, I.S.; Hubrig, S.; González, J.F. & Schöller, M.; IAU 259, 401 (2009)
- ★ Schneider, H.; A&AS 44, 137 (1981).
- ★ Schöller, M., Correia, S., Hubrig, S., Ageorges N.; A&A 522, 85 (2010).

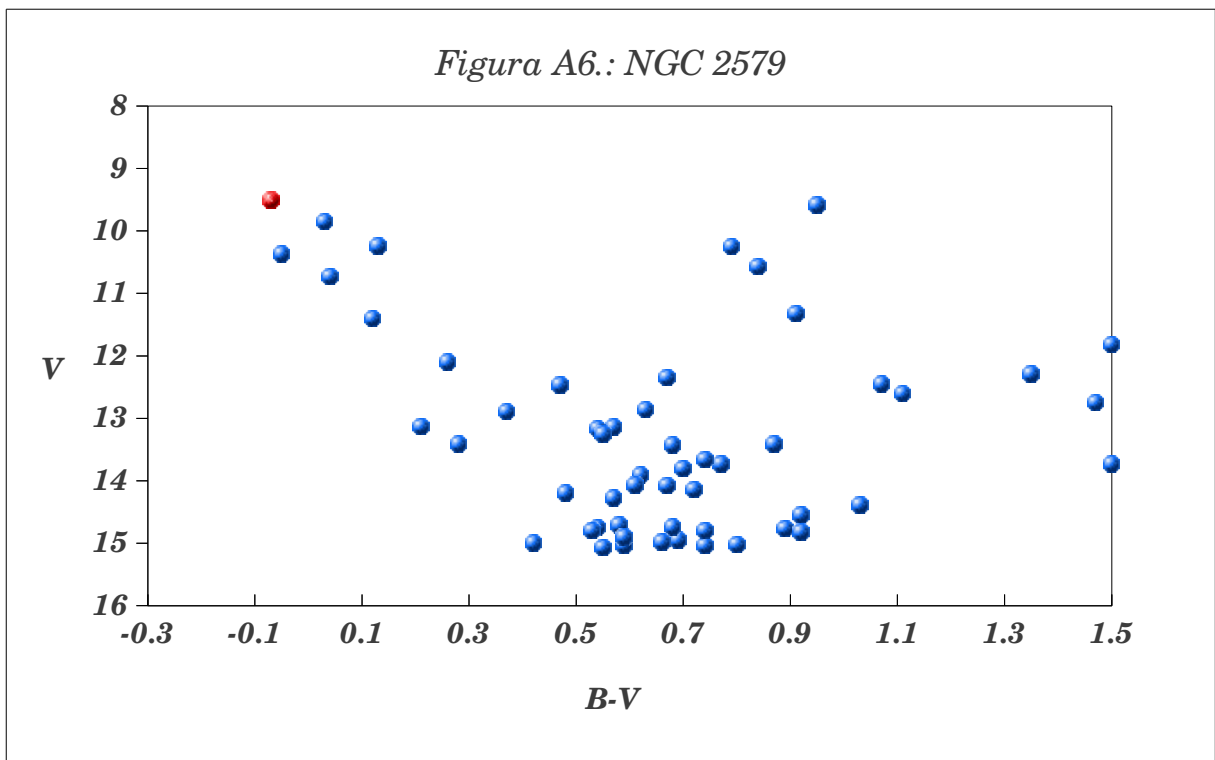
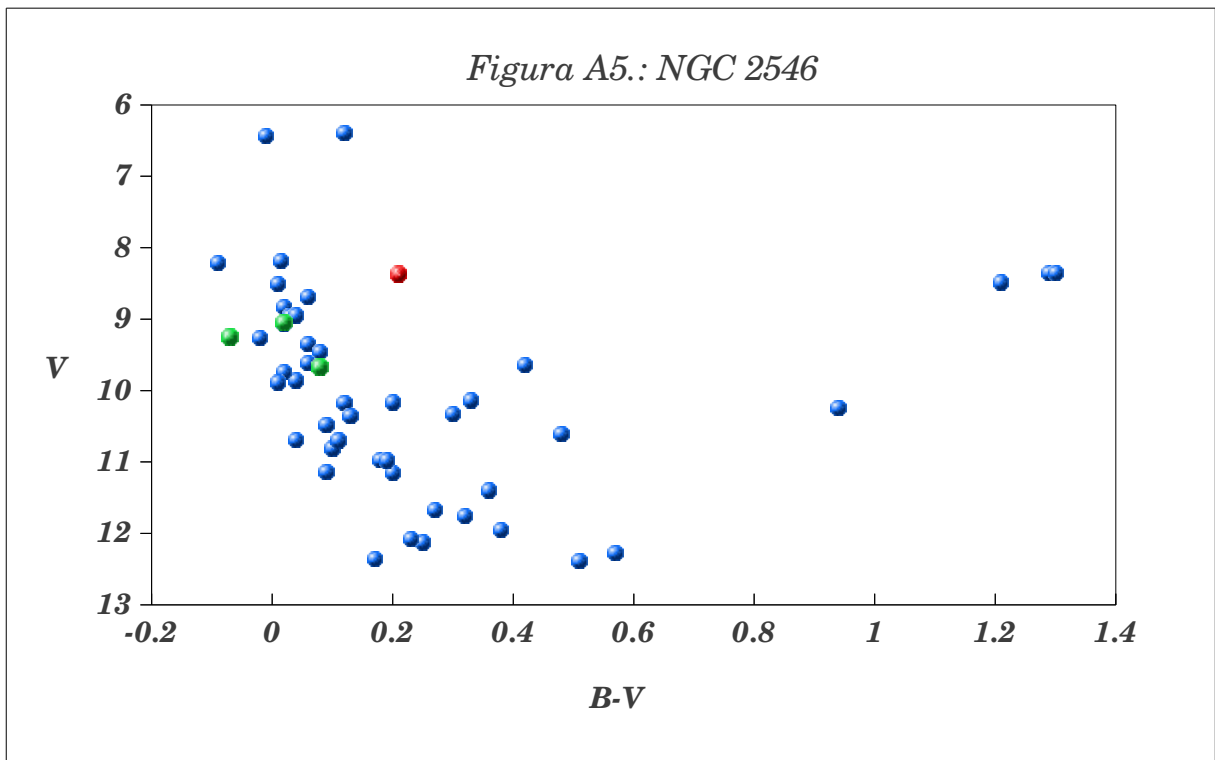
- ★ Smith, K. C.; Dworetzky, M. M.; A&A 274, 335 (1993).
- ★ Smith, Keith C.; A&A 297, 237(1995).
- ★ Smith, K. C.; A&A 305, 902 (1996).
- ★ Stepien, K. & Dominiczak, R.; A&A 219,197 (1989).
- ★ Takada-Hidai, M.; IAUS 145, 137 (1991).
- ★ Thiam, M.; Leblanc, F.; Khalack, V; Wade, G.A; MNRAS 405, 1384 (2010).
- ★ Trundle, C.; Dufton, P.L.; Rolleston, W.R.J; Ryans, R.S.I; Lennon, D.J.; & Lehner,N.; MNRAS 328, 291 (2001).
- ★ Turcotte, S.; JapA 26, 231 (2005).
- ★ Wahlgren, G. M.; Ilyin, I.; Kochukhov, O.; IAAS 19913504 (2001).
- ★ Wolff, S. C. & Wolff, R. J. ; ApJ 194, 65 (1974).
- ★ Wolff, S. C. & Preston, G. W. ; ApJ 37, 371 (1978).
- ★ Wolff, S.C.; MNRAS 371, 1953 (2006).
- ★ Wolf, V.M. & Lambert, D.L; ApJ 520, 55 (1999).
- ★ Young, A & Martin, A.E.; ApJ 181, 805 (1973).

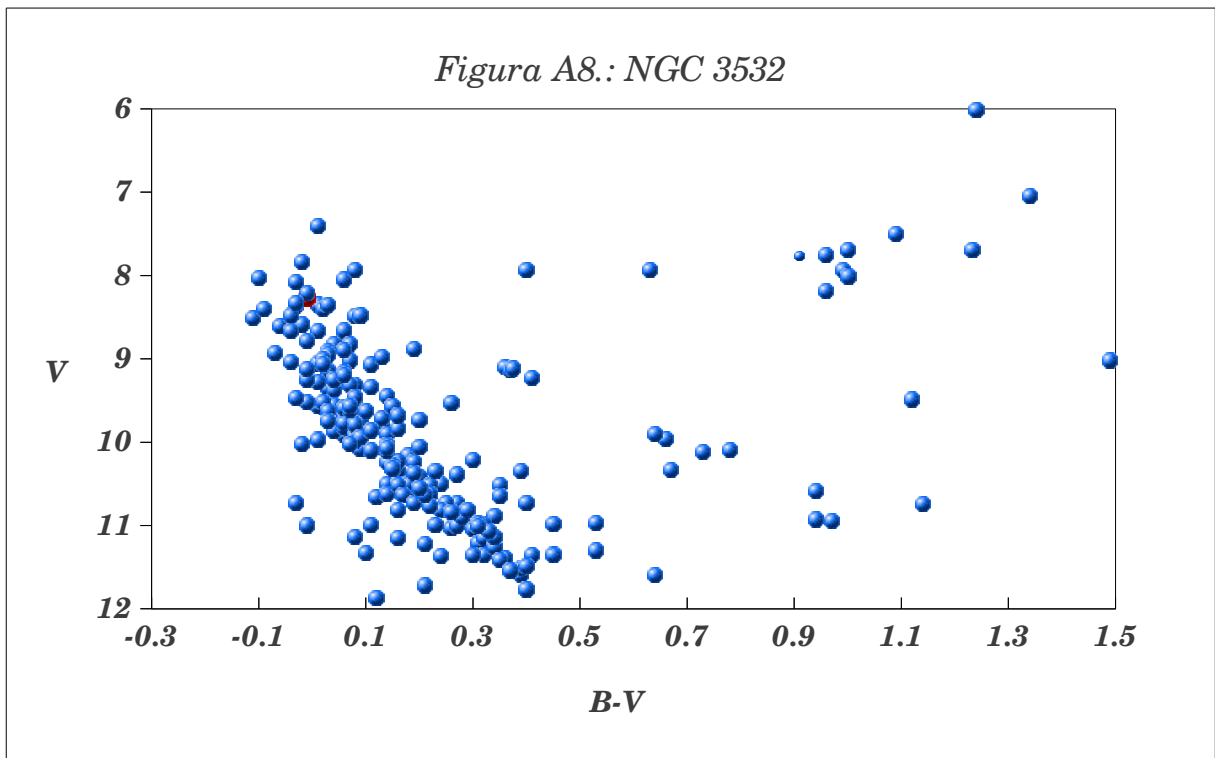
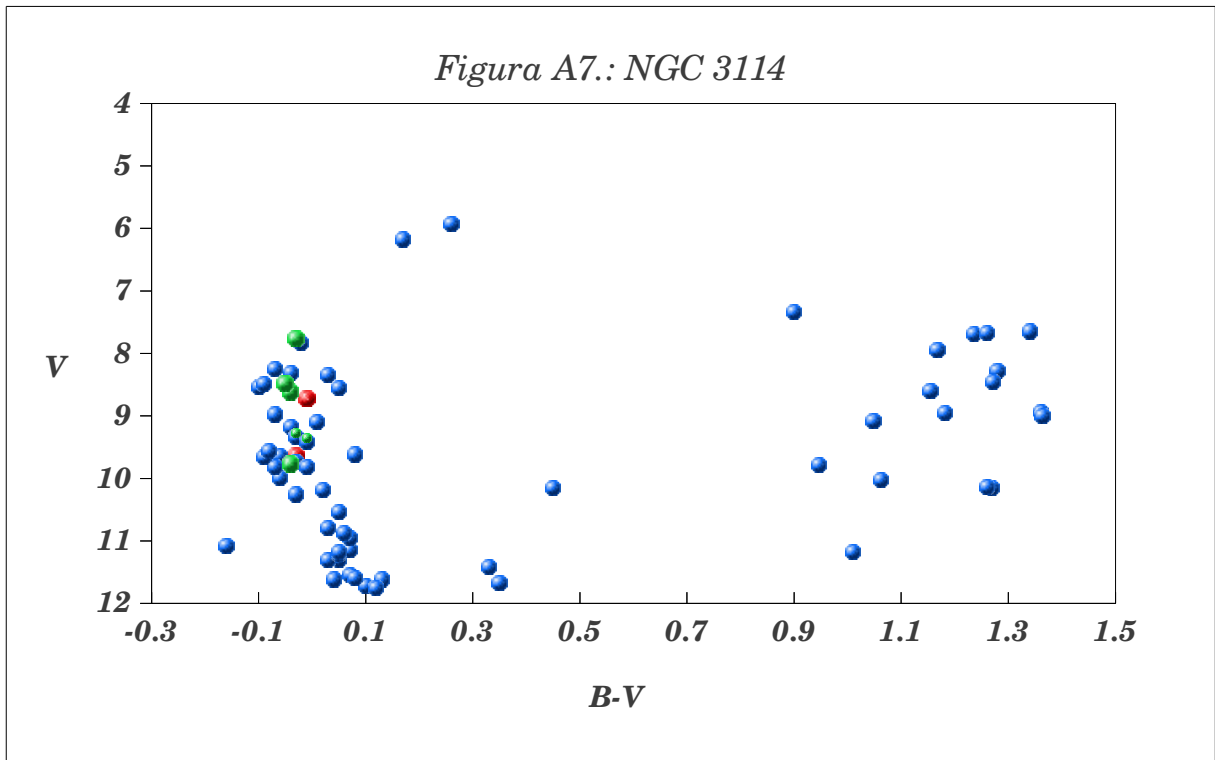
Apéndice A

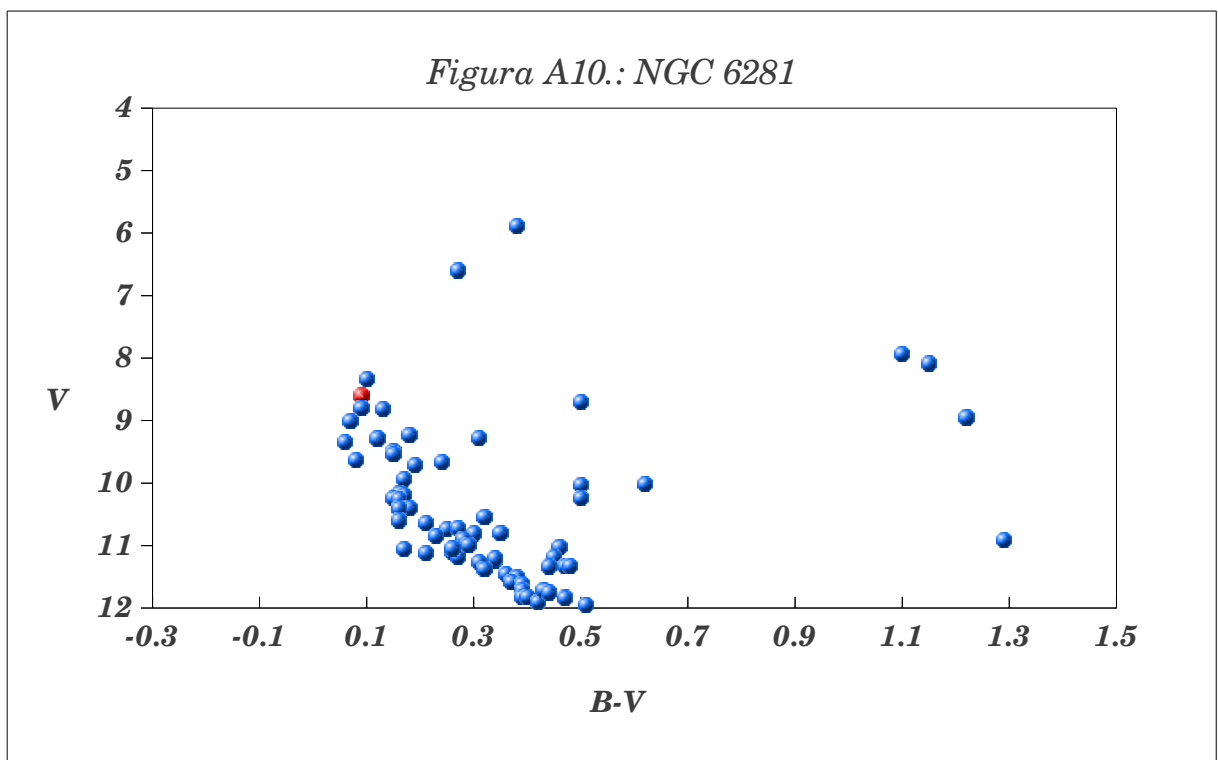
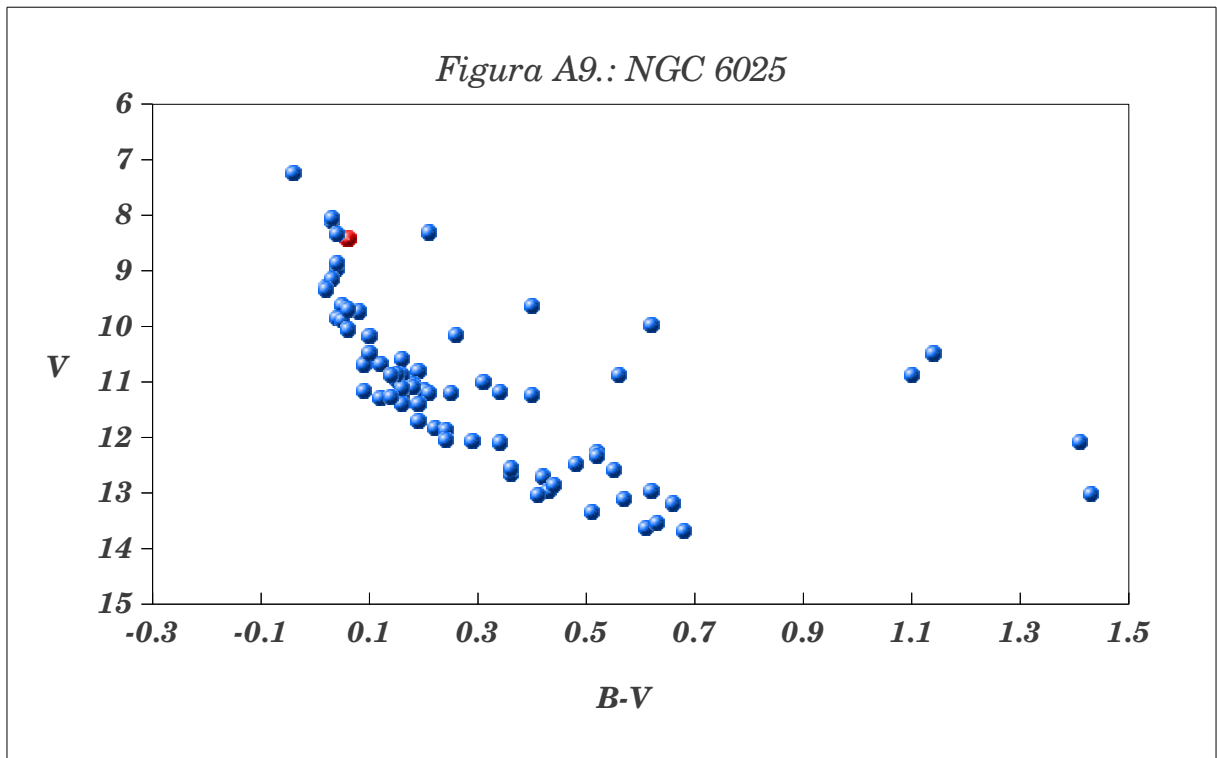
**Diagramas Color -Magnitud
de cúmulos del Relevamiento en los que se detectaron estrellas de HgMn**











Apéndice B

Listas de elementos

Tabla B.1: Lista de elementos peculiares.

HgII	MnI-II		PII	PtII	SiII	SrII	YII	ZrII	HeI	Otros	
3983.90	3994.12	4689.55	4420.71	4034.18	4128.05	4077.71	3982.59	3991.15	4026.19	4554.03	BaII
3984.00	3995.33	4727.84	4602.07	4046.45	4130.89	4215.52	4204.69	3998.95	4120.90	4267.02	CII
3984.03	4000.02	4730.36	5296.09	4061.66	5041.02		4309.63	4149.22	4143.76	4267.26	CII
3984.07	4012.40	4738.29			5055.98		4358.73	4150.99	4388.93	4554.99	CrII
3984.93	4030.75	4755.73					4374.94	4208.98	4471.50	4558.65	CrII
	4033.06	4764.70					4398.01	4210.63	5015.68	4255.72	GaII
	4034.48	4783.42					4422.59	4211.91		5172.68	MgI
	4136.90	4784.62					4682.32	4359.72		4433.99	MgII
	4200.27	4806.82					4900.12	4370.95		5300.99	PrIII
	4205.38	4830.06					4982.13	4379.78		4246.00	ScII
	4247.95	5177.65					5087.42			4924.11	SII
	4251.68	5294.22									
	4253.03	5295.29									
	4348.40	5296.97									
	4356.63	5299.28									
	4363.26	5302.32									
	4365.22										
	4377.74										
	4379.64										
	4393.38										
	4518.95										
	4525.33										

Tabla B.2: Lista de Fe y Ti para determinación de v sen i

4415.13	FeI	4443.81	TiII
4416.82	FeII	4450.49	TiII
4491.4	FeII	4468.49	TiII
4508.26	FeII	4488.33	TiII
4515.34	FeII	4520.37	TiII
4522.63	FeII	4533.97	TiII
4541.52	FeII	4563.76	TiII
4549.21	FeII	4571.97	TiII
4549.47	FeII	4589.96	TiII
4555.89	FeII	4629.29	TiII
4576.33	FeII	4805.1	TiII
4582.84	FeII	5188.69	TiII
4583.83	FeII	5210.39	TiI
4620.51	FeII	5381.02	TiII
4635.33	FeII		
4656.97	FeII		
4666.75	FeII		
4670.17	FeII		
4731.44	FeII		
4923.92	FeII		
4993.36	FeII		
5018.43	FeII		
5132.67	FeII		
5169.03	FeII		
5197.57	FeII		
5234.62	FeII		
5247.95	FeII		
5276	FeII		
5284.11	FeII		
5316.61	FeII		

Apéndice C
Catálogo de estrellas de HgMn

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 224906	HR 9086	00:01:43.85	18:22:01.72	R	B9	Mn Hg	SB			
HD 224926	* 29 Psc	00:01:49.45	20:58:20.99	R	B8	Mn Hg Xe P Ga	SB1			2
HD 225289	V* V567 Cas	00:05:06.15	13:18:50.29	R	B8	Hg Mn	NC			
HD 358 A	V* alf And	00:08:23.26	05:05:25.55	R	B9	Mn Hg	SB2	96.70	CV	5
HD 1009		00:14:42.71	16:33:58.16	R	B9	Mn	S			
HD 1909 A	V* AV Scl	00:23:12.61	16:57:51.21	R	B9	Hg Mn Ga P Zr Y Xe	SB2	7.30		2
HD 2019		00:24:39.68	07:22:23.00	R	B9	Hg	SB2	3.11		2
HD 3322	V* PY And	00:36:20.10	03:15:17.15	R	B8	Hg Mn	SB	399.60		2
HD 4335	HR 205	00:46:10.81	20:51:41.40	R	B9	Hg Mn	SB	2000.00		2
HD 4382	* 23 Cas	00:47:46.05	02:50:51.26	R	B8	Mn P Hg	SB2	33.75		2
HD 5342		00:56:13.10	13:15:14.44	R	B8	Hg Mn	SB			
HD 6832 A		01:10:10.12	13:48:29.33	R	B9	Hg Mn	NC		DV	2
HD 236650		01:11:55.33	10:15:04.04	R	B6	Hg	S			
HD 7374	* 87 Psc	01:14:07.63	16:08:00.52	R	B9	Hg Mn Sc Y Xe	SB1	800.90		3
HD 9298	HR 438	01:32:07.58	10:47:59.86	R	B7	Mn Hg	S			
HD 10260	V* V772 Cas	01:42:02.91	13:02:17.66	R	B8	Si Mn	S			
HD 11291	* 2 Per	01:52:09.37	02:47:34.06	R	B9	Mn Hg	SB	5.63		2
HD 11336		01:52:33.40	20:48:44.89	R	B8	Hg Mn	SB			
HD 11753	* phi Phe	01:54:22.03	05:30:10.98	R	A0	Hg Pt Zr Sc Y Mn	SB1	41.49		2
BD +36 367		01:57:37.35	13:29:27.57	R	A0	Hg Mn	SB1			2
HD 11905	HR 562	01:57:56.37	17:41:40.41	R	B9	Mn Hg	SB			2

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 14228	* phi Eri	02:16:30.59	20:29:16.20	R	B8	Mn Hg	NC		CV	4
HD 16004	HR 746	02:35:27.90	15:39:51.77	R	B9	Hg Mn	NC		TV	3
HD 16693		02:41:56.72	18:47:23.19	R	B9	Mn Hg	NC		DV	2
HD 16727	* 11 Per	02:43:02.84	07:06:21.66	R	B7	Hg	?SB2			2
HD 17280		02:47:54.86	20:12:22.65	R	B9	Mn Hg	SB			
HD 21933	* t Tau	03:32:35.95	09:22:24.38	R	B8	Mn Hg Y	S			
HD 22316	V* KZ Cam	03:38:19.74	08:55:57.77	R	B9	Cr Hg Si	NC			
HD 23408	Maia	03:45:49.61	00:22:03.89	R	B7	He wk. Mn	SB			2
HD 23950	HR 1185	03:49:55.07	22:14:38.96	R	B9	Mn Hg Si	NC			
HD 26603		04:14:57.14	03:13:56.26	R	B9	Hg Mn Si	NC			
HD 27376 A	* 41 Eri	04:17:53.66	14:12:05.94	R	B9	Mn Hg Ga P Xe	SB2	5.01	CV	5
HD 27376 B	* 41 Eri	04:17:53.66	14:12:05.94	F	B9	Mn Hg Ga P Xe	SB2			2
HD 27295	V* V1024 Tau	04:19:26.10	21:08:32.31	R	B9	Mn Y Zr	SB1	4.45		2
HD 28217 A	CCDM J04275+1113AB	04:27:28.77	11:12:44.29	R	B8	Mn Hg Ga P Xe Y	SB1	19.84	DV	3
HD 28929 A	HR 1445	04:34:37.99	04:57:40.15	R	B8	Hg Mn	NC			2
HD 29589		04:40:03.42	12:11:51.39	R	B8	Hg Mn Xe	SB1	1343.00	DV	2
HD 31373	HR 1576	04:55:50.15	15:02:25.00	R	B8	Mn Hg Xe Y	SB			
HD 32964 B	BD-04 1044B	05:06:46.10	19:21:36.00	F	B9	Hg Mn Y Sc Zr	SB2	5.52	TV	2
HD 33647 A	CCDM J05117+0031AB	05:11:41.35	00:30:52.46	R	B9	Mn Hg Ga P Y Xe	SB2	25.01	DV	2
HD 33647 B	CCDM	05:11:41.35	00:30:52.46	F	B9	Mn Hg Ga P Y Xe	SB2			2

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
	J05117+0031AB									
HD 33904	V* mu. Lep	05:12:55.90	07:47:40.31	R	B9	Hg Mn Ga P Sc Y	NC			
HD 34364 A	V* AR Aur	05:18:18.90	09:46:02.45	R	B9	Hg Mn	SB2	4.13		2
HD 34719	V* V1159 Tau	05:20:18.30	19:34:41.62	R	A0	Hg Si Cr	NC			
HD 34880 A	HR 1759	05:20:26.41	18:37:56.90	R	B8	Mn P Xe	SB1		TV	3
HD 34923		05:22:22.14	10:31:27.52	R	B9	Mn Si Sr	S			
HD 35548 A	HR 1800	05:25:31.08	23:27:21.79	R	B9	Hg Mn	SB2		DV	2
HD 35497	Elnath	05:26:17.51	04:36:26.83	R	B8	Cr Mn	NC		MV	>5
BD -00 984		05:32:04.00	23:34:15.16	L	A0	HgMn	S			
HD 36404	HR 1846	05:33:28.72	18:06:32.25	R	B9	Hg	S			
HD 36881 A	HR 1883	05:35:13.24	10:14:24.32	R	B8	Hg Mn	SB1	1857.00	DV	3
HD 36662		05:35:44.35	21:29:35.68	R	B8	Mn Hg	S			
HD 37492		05:38:39.72	15:31:44.34	L	B9	HgMn	NC			
HD 37519	HR 1938	05:40:35.91	07:21:29.51	R	B8	Hg	NC			
HD 37886		05:41:32.01	21:01:33.41	L	B9	Mn	NC			
HD 37752	HR 1951	05:41:54.76	23:19:34.42	R	B8	He wk. Hg	SB			
HD 38478	* 129 Tau	05:46:45.50	15:49:21.00	R	B8	Hg Mn Y P	SB1			2
HD 248727		05:53:45.87	09:17:13.71	R	A0	Mn Si Cr	SB2			2
HD 39773		05:54:55.45	05:51:38.79	ELO	B9	Hg Mn Ga P Xe	NC			2
HD 42353		06:10:23.79	02:54:06.74	ELO	B9	Hg Mn Ga Y	S			
HD 42657 A	V* V638 Mon	06:11:43.72	19:20:04.43	R	B9	Mn Hg P Y	NC		DV	2

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 45975		06:30:27.47	19:18:11.48	REL	B9	Hg Mn Y	NC			
HD 259954		06:34:36.16	08:21:07.72	R	B6	Hg Mn	NC		CV	4
HD 47152 A	IDS 06320+2904 A	06:38:23.01	04:59:03.67	R	A0	Eu Cr Hg	SB2		DV	2
HD 49023		06:45:35.51	03:19:08.62	R	B9	Hg Si	NC			
HD 49025 A		06:45:37.27	03:11:01.60	R	B9	Hg Mn	SB2	13.87		2
HD 49022		06:45:38.24	03:29:14.93	R	B9	Hg Mn	SB1	12.66		2
HD 49024		06:45:40.85	03:18:23.00	R	B9	Hg Mn	NC			2
TYC 5961-1860-1	BD-20 1561	06:46:12.45	03:05:44.56	REL	B9.5	Hg	NC			
HD 49185		06:46:23.09	03:10:55.96	REL	B9	Hg	NC			
HD 49211		06:46:34.97	03:17:15.01	REL	B9.5	Hg	NC			
HD 49606	V* OV Gem	06:49:49.84	16:12:10.40	R	B8	Mn Hg Si	NC		DV	2
HD 51688	* 40 Gem	06:59:27.93	01:54:51.02	R	B8	Si Mn	NC		DV	2
BD -8 1708		07:03:00.54	15:37:08.01	R	B8	Hg	S			
HD 53244	* gam CMa	07:03:45.49	08:22:00.17	R	B8	Mn Hg P Y Xe	SB1			2
HD 53929	HR 2676	07:07:06.47	04:54:38.09	R	B9.5	Mn P Xe Y	SB1			2
HD 59067 C	CCDM J07279-1133AB	07:27:51.66	12:26:35.29	R	B9	Hg	NC		CV	4
HD 58661 A	HR 2844	07:28:51.48	00:11:02.14	R	B9	Hg Mn	SB	1834.00	TV	4
HD 60940		07:36:22.63	09:30:14.52	REL	B8	Hg Mn	NC			
HD 60996		07:36:34.88	09:34:10.96	REL	B9	Hg	SB			2

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 61374		07:37:22.24	10:18:45.21	REL	B8	Hg Mn	NC			
HD 62503		07:42:30.62	08:47:55.48	REL	B8	Hg Mn	NC			
HD 63080		07:45:21.50	08:39:17.28	REL	A0	Hg Mn Y	SB1			2
HD 63975	* zet CMi	07:51:41.99	01:46:00.74	R	B8	Hg Mn P Xe Y	SB1			2
IDS 07551S6033 B	CPD-60 944B	07:56:45.28	11:11:04.88	REL	A0	Hg Mn Si	NC		TV	4
TYC 8911- 1720-1 A	CD-60 1946	07:57:37.86	11:05:27.83	REL	A0	Hg Y P	SB2	11.23		2
HD 65950		07:57:45.22	11:04:24.74	R	B9	Mn Hg Xe	NC			
HD 65949		07:57:47.67	11:23:25.02	R	B9	Hg Mn Xe P	SB1	21.28		2
HD 66259		07:59:14.70	11:24:46.47	R	B9	Hg Mn Y Ga	SB1			2
HD 66409		07:59:57.81	11:15:11.47	R	B9	Mn Hg P Xe Y	NC			
HD 68099	HR 3201	08:11:16.60	09:49:16.43	R	B8	Mn P	SB			
HD 68826 C	V* AO Vel	08:11:53.91	23:15:14.00	L		Hg	SB4	4.15		4
HD 68826 D	V* AO Vel	08:11:53.91	23:15:14.00	L		Hg Mn Y Pt	SB4	4.15		4
HD 68693 A		08:12:07.15	10:20:15.79	REL	B8	HgMn	SB2	16.46		2
HD 68693 B		08:12:07.15	10:20:15.79	REL	B8	Hg	SB2	16.46		2
TYC 7660- 3165-1	CD-37 4397	08:12:58.22	10:12:27.79	REL	B5	HgMn	SB			2
HD 70235	HR 3273	08:19:29.51	13:24:35.52	R	B9	Mn Hg Y P	S			
HD 71066 A	HR 3302	08:20:00.53	00:29:40.63	R	A0	Si Mn	NC		TV	3
HD 70742		08:22:16.83	11:35:16.68	REL	B6	HgMn	NC			

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 71557		08:28:21.25	06:42:02.55	ELO	A0	HgMn	S			
HD 71833	HR 3345	08:28:53.43	03:02:58.56	R	B8	Hg Mn	NC		DV	2
HD 72208 A	HR 3361	08:31:54.49	09:48:50.75	R	B9	Mn Hg Y	SB2	22.01		2
HD 75333	V* KX Hya	08:49:21.73	20:33:25.11	R	B9	Mn Hg Ga Y	SB1			2
HD 75642		08:49:40.40	06:14:51.02	L		Hg Mn P	SB			2
HD 77350	* 69 Cnc	09:02:44.27	00:27:10.49	R	B9	Sr Cr Hg	SB	1401.40		2
HD 78316 A	V* kap Cnc	09:07:44.81	10:40:05.49	R	B8	Mn Hg	SB2	6.39	DV	3
HD 80078		09:14:37.36	07:50:47.12	R	B9	Hg Mn	S			
HD 82984 B	CCDM J09337-4900AB	09:33:44.54	22:59:41.73	R	B7	Hg	NC		DV	2
HD 85504	* 7 Sex	09:52:12.16	02:27:14.86	R	A1	Mn	NC			
HD 86112		09:55:00.12	21:10:50.32	REL	B9	HgMn	S			
HD 86981		10:00:05.02	11:39:47.22	REL	B7	Cr Y	NC			
HD 87031		10:00:21.09	12:00:07.41	REL	B9	HgMn	NC			
HD 87752		10:05:07.78	11:46:00.15	R	B9	Hg Mn	NC			
HD 87751		10:05:07.94	11:56:49.53	REL	B7	Hg-Mn-Y	SB	14.32		2
HD 89822 A	V* ET UMa	10:24:07.85	17:33:59.12	R	A0	Hg Si Sr	SB2	11.58		2
HD 96213	CCDM J11048-5842AB	11:04:45.04	13:17:50.93	REL	A0	HgMn	SB	41.14		2
HD 96473		11:06:07.85	13:06:28.01	REL	B9.5V	B9.5V	NC			
HD 101189	HR 4487	11:38:07.30	10:10:24.38	R	A0	Hg Mn Y Zr Sc	SB1			2
HD 101391	HR 4493	11:40:27.43	09:58:13.46	R	B9	Hg Mn	S			

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 106625	Gienah Corvi	12:15:48.37	06:27:29.05	R	B8	Hg Mn	SB			
HD 106832	CCDM J12171+0143AB	12:17:07.63	01:42:45.08	R	A1	Hg	NC		DV	2
HD 110073	* l Cen	12:39:52.53	08:00:45.71	R	B8	Mn Hg Ga P Sc Y Xe	SB1			2
HD 112185	V* eps UMa	12:54:01.75	07:57:35.36	R	A0	Cr Eu Mn	NC		DV	2
BD +30 2431		13:38:24.77	05:21:56.02	R	B6	He wk. Hg	S			
HD 124740 A		14:16:24.34	06:46:00.36	R	B9	Hg	SB2			2
HD 129174	HR 5475	14:40:43.57	16:25:05.97	R	B9	Mn Hg Ga P Sc Y Xe	SB1		TV	4
HD 133833		15:08:43.24	18:11:50.01	REL	B9	Hg Mn	S			
HD 135485		15:15:45.26	09:18:25.48	R	B5	Ti N Mn	S			
HD 139609		15:38:44.03	12:15:11.60	R	B9	Hg Si	S			
HD 141556 A	* chi Lup	15:50:57.54	14:22:22.20	R	B9	Hg Y	SB2	15.26		2
HD 141239		15:56:54.46	17:51:33.91	R	B9	Hg	S			
HD 143807 A	* iot CrB	16:01:26.56	05:51:03.82	R	A0	Mn Hg	SB2	35.47		2
HD 144206	* ups Her	16:02:47.90	22:02:12.14	R	B9	Mn Hg	S			
HD 143287		16:02:53.17	11:39:49.54	REL	B8	HgMn	NC			
TYC 9036- 2087-1		16:03:03.82	11:35:39.12	REL	B9	Mn Hg Xe Ga P	SB1	38.03		2
HD 144661	HR 5998	16:07:51.89	23:32:15.55	R	B7	Mn Hg Sc Xe Y	SB1			2
HD 144844 A	HR 6003	16:08:43.72	00:18:52.50	R	B9	Hg Mn Ga P Y Xe	SB2		DV	3
HD 145389	V* phi Her	16:08:46.18	20:56:05.67	R	B9	Mn Hg	SB	560.50	DV	3
HD 146863		16:21:11.97	18:24:43.15	R	A0	Mn	S			

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 146888		16:21:11.97	18:24:43.15	R	A0	Mn	SB1			2
HD 147550	HR 6096	16:22:38.90	21:55:12.48	ELO	B9	Hg Mn	S			
HD 149121	* n Her	16:32:35.69	05:31:16.39	R	B9	Mn Hg Sr	S			
TYC 7869-0819-1	CCDM J17048-3757AB	17:04:48.31	10:02:35.54	REL	A0	HgMn	SB	32.18		2
HD 155379	HR 6386	17:12:13.62	22:44:41.44	R	A0	Hg Y	SB1			2
HD 158704 A	HR 6520	17:31:44.37	21:43:49.04	R	B9	Mn Hg	SB2		TV*	3
HD 159082 A	HR 6532	17:32:14.88	11:55:48.18	R	A0	Hg Mn Ga Y Xe	SB2	6.80	DV	3
HD 159975	* 57 Oph	17:37:50.71	15:52:52.43	R	B8	Hg Mn	SB			
HD 161698	CCDM J17468+0534AB	17:46:46.70	05:33:53.76	R	B9	Mn Hg	NC		DV	2
HD 161701 A	HR 6620	17:47:36.78	09:16:27.03	R	B9	Hg Mn Ga P Y Xe	SB2	12.45		2
HD 161941	HR 6633	17:48:20.24	03:48:15.17	ELO	B9.5V	Mn	S			
HD 162651		17:52:00.72	01:05:57.28	ELO	A0	HgMn	NC			2
HD 165511		18:06:13.03	01:34:57.71	ELO	A0	Hg Mn Y Pt	SB1			2
HD 165493 A	CCDM J18085-4546AB	18:08:30.11	02:13:58.75	R	B8	Hg Mn	NC		DV	2
HD 166958	CCDM J18128+0549AB	18:12:48.99	05:49:20.88	ELO	B9	Hg Mn Y Pt Zr	SB			2
HD 169027	* 38 Dra	18:16:58.74	20:44:29.24	R	A0	Mn	SB1			2
HD 168812		18:20:25.33	04:59:00.69	R	B8	Hg	NC			
HD 172044 A	HR 6997	18:36:37.34	09:28:08.54	R	B8	Hg Mn	SB	1675.00	TV	3
HD 171931		18:37:15.73	05:19:04.35	R	B9	Mn	NC			

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 172728	HR 7018	18:37:33.50	14:31:35.72	R	A0	Hg Y Zr	SB1			2
HD 172012		18:37:39.25	05:31:54.85	R	B9	Hg Mn Si	NC			
HD 172248		18:39:03.47	05:27:31.19	R	B8	Hg Mn Si	NC			
HD 172883	HR 7028	18:39:52.81	04:11:45.87	R	B9	Si Hg	S			
HD 173524A	* c Dra	18:42:37.95	07:32:22.04	R	A0	Hg Mn	SB2	9.81	TV	3
HD 173524B	BD+55 2107B	18:42:42.43	07:30:19.80	R	A0	Hg	SB2	9.81		2
HD 173673		18:46:46.50	17:18:35.30	ELO	B8	HgMn	S			
HD 174933 A	* 112 Her	18:52:16.43	21:25:30.51	R	B9	Hg Mn	SB2	6.36	DV	3
HD 175640	HR 7143	18:56:22.66	22:12:00.49	R	A0	Hg Mn Y	SB1			2
HD 175869	* 64 Ser	18:57:16.59	02:32:07.25	R	B9	Hg	SB			
HD 177517	HR 7230	19:05:41.18	08:20:22.49	R	B9	Hg Si	NC		TV	3
HD 178065	HR 7245	19:07:09.03	00:38:27.53	R	B9	Hg Mn	SB		TV*	4
HD 178628	HR 7268	19:11:01.90	08:59:43.06	R	B7	Mn	SB			
HD 179709		19:12:23.61	06:20:51.88	R	A0	Hg Si	SB1		CV	5
HD 179761	V* V1288 Aql	19:13:42.70	02:17:37.34	R	B8	Hg	NC		DV	2
HD 182308	HR 7361	19:19:46.14	16:23:26.91	R	B9	Hg Mn	NC		DV	2
HD 186122	* 46 Aql	19:42:12.81	12:11:35.74	R	B9	Mn Hg	S			
HD 225573		19:44:04.25	13:55:57.32	R	B5	Mn	SB			
HD 332677		19:46:23.81	06:09:54.57	R	B5	Hg Mn	SB			
HD 190229	* 14 Sge	20:03:30.02	16:01:52.51	R	B9	Hg Mn	SB	61.54		2
HD 191110 A	V* AV Cap	20:08:31.27	13:56:14.66	R	A0	Hg Mn Ga P Zr Pt Y	SB2	9.35		2

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
						Xe				
HD 191110 B	V* AV Cap	20:08:31.27	13:56:14.66	F	A0	Hg Mn Ga P Zr Pt Y Xe	SB2	9.35		2
HD 192666	* 3 Cap	20:16:22.81	11:39:46.37	R	B9	Hg	NC		TV	3
HD 193452	CCDM J20210-1447BC	20:20:46.55	09:12:54.37	R	B9	Hg Pt Sr	NC		QV	5
HD 193772		20:21:10.67	03:31:01.76	R	A0	Sr Cr Hg	SB1			2
HD 194453		20:25:25.43	06:38:30.50	ELO	A0	Hg,Mn	SB1			2
HD 194783	HR 7817	20:28:46.74	12:24:14.88	R	B9	Hg Mn P Xe Y	S			
HD 197018	CCDM J20396+4035AB	20:39:33.32	16:34:46.78	R	B7	Mn	NC		TV	3
HD 200311	V* V2200 Cyg	21:01:14.32	19:43:18.44	R	B9	Si Cr Hg	NC			
HD 200614	CCDM J21022+5640AB	21:02:09.01	08:40:10.61	R	B9	Mn	NC		DV	2
HD 202149	HR 8118	21:14:16.72	13:23:40.58	R	B9	Hg Mn Zr Sc Y	SB1			2
HD 202671	* 30 Cap	21:17:57.29	06:00:53.50	R	B7	Hg Mn P Y Xe	SB1			3
HD 207857	V* V1619 Cyg	21:51:04.98	15:32:11.97	R	B8	Hg Mn	SB	338.20		2
HD 208513		21:55:29.83	20:56:54.77	R	B9	Hg Mn	?SB2			?2
HD 209459	* 21 Peg	22:03:19.03	11:23:11.58	R	B9	Hg	S			
HD 210071	V* V444 Cep	22:06:13.57	08:20:36.22	R	B9	Si Cr Hg	SB			2
HD 210873	HR 8473	22:10:15.30	00:06:40.55	R	B9	Hg Mn Sr	S			
HD 211838	* rho Aqr	22:20:11.92	16:10:44.04	R	B8	Hg	SB	220.41		2
HD 212454	HR 8535	22:23:00.19	09:17:04.61	R	B8	He wk. Hg	S			

Tabla C.1.: Bloque 1 del CEHgMn- Información general

Identificador	Nombre	RA(J2000)	DEC(J2000)	Fuente	TE	Elementos	Multiplicidad espectral	P(días)	Multiplicidad visual	Ncomp
HD 213236	* 56 Aqr	22:30:17.35	09:24:51.34	R	B8	Mn Hg Sc Y Xe	S			
HD 216494 A	CCDM J22535-1137AB	22:53:28.70	12:23:00.55	R	B9	Hg Mn	SB2	3.43	DV	3
HD 216831	HR 8723	22:55:44.51	12:21:05.00	R	B8	Mn Hg	NC		DV	2
HD 217477	CCDM J23007+3105AB	23:00:42.41	07:04:58.67	R	B9	Mn Hg	NC		DV	2
HD 217833	V* V638 Cas	23:02:43.90	07:14:10.99	ELO	B9	Hg Mn	NC		TV	5
HD 220575	HR 8902	23:24:34.91	17:06:46.46	R	B9	Hg Mn	SB			?2
HD 220885	V* V388 And	23:27:07.40	18:54:43.23	R	B9	Mn	SB			
HD 220933	V* HV Peg	23:27:40.39	01:10:02.21	R	A0	Hg Mn	SB2			2
HD 221507	* bet Scl	23:32:58.26	10:10:54.24	R	B9	Mn Hg Ga P Pt Y Xe Zr	S			
HD 222207		23:38:26.45	18:30:41.43	R	B9	Hg Mn	NC		CV	4

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 224906	6.20	-0.03	-1.83	-0.08	0.020	0.080	0.680	2.725
HD 224926	5.10	-0.13	-0.69	-0.15	-0.050	0.100	0.500	2.703
HD 225289	5.80	-0.09	-1.02	-0.12	-0.020	0.100	0.640	2.719
HD 358 A	2.10	-0.11	-0.28	-0.12	-0.050	0.120	0.520	2.743
HD 1009	8.41	0.17						
HD 1909 A	6.56	-0.07	0.28	-0.01	-0.030	0.120	0.690	2.768
HD 2019	6.75	-0.06	0.57	-0.04	-0.040	0.140	0.670	2.780
HD 3322	6.50	-0.08	-0.27	-0.11	-0.020	0.110	0.580	2.732
HD 4335	6.00	-0.06	0.33	-0.09	-0.020	0.110	0.780	2.766
HD 4382	5.40	-0.08	-1.97	-0.24	-0.010	0.080	0.610	2.705
HD 5342	8.01	0.12						
HD 6832 A	8.30	0.04	-0.03	-0.01				
HD 236650	9.03	0.07	0.41	-0.09				
HD 7374	6.00	-0.08	0.03	-0.16	-0.040	0.120	0.610	2.747
HD 9298	6.40	-0.11	-0.71	-0.13	-0.050	0.110	0.610	2.739
HD 10260	6.70	-0.03	-1.34	-0.09	0.020	0.080	0.550	2.686
HD 11291	5.70	-0.07	-0.33	-0.13	-0.030	0.120	0.780	2.763
HD 11336	7.72	-0.07	0.50	-0.03				
HD 11753	5.10	-0.06	0.21	-0.07	-0.030	0.130	0.990	2.829
BD +36 367	9.70	0.05	1.39	0.04	0.020	0.170	0.990	2.916
HD 11905	6.80	-0.06	-0.75	-0.10	-0.010	0.100	0.580	2.710
HD 14228	3.60	-0.12	0.21	-0.13	-0.050	0.100	0.630	2.758

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 16004	6.30	-0.10	-0.26	-0.12	-0.030	0.120	0.650	2.753
HD 16693	8.50	0.00	-0.19	-0.07	0.010	0.110	0.710	2.765
HD 16727	5.80	-0.13	0.06	-0.17	-0.050	0.110	0.470	2.729
HD 17280	7.82	-0.04	-0.89	-0.11				
HD 21933	5.80	-0.08	0.09	-0.26	-0.030	0.120	0.740	2.787
HD 22316	6.30	-0.13	0.16	-0.18	-0.070	0.180	0.610	2.778
HD 23408	3.90	-0.07	-1.67	-0.10	-0.010	0.090	0.620	2.691
HD 23950	6.10	-0.02	0.50	-0.04	0.030	0.100	0.620	2.746
HD 26603	8.75	0.22	-1.50	-0.04				
HD 27376 A	3.56	-0.12	-0.16	-0.13	-0.050	0.120	0.630	2.768
HD 27376 B	3.56	-0.12	0.30	-0.01	-0.050	0.120	0.630	2.768
HD 27295	5.50	-0.08	0.57	-0.19	-0.040	0.130	0.740	2.799
HD 28217 A	5.87	0.05	-0.93	-0.16	0.080	0.070	0.560	2.717
HD 28929 A	5.90	-0.06	-0.48	-0.23	0.000	0.100	0.630	2.749
HD 29589	5.40	-0.12	-0.74	-0.32	-0.060	0.120	0.450	2.728
HD 31373	5.80	-0.08	0.23	-0.19	-0.040	0.110	0.520	2.731
HD 32964 B	5.10	-0.07	0.13	-0.10	-0.030	0.140	0.860	2.845
HD 33647 A	6.67	-0.08	-0.94	-0.12	-0.030	0.110	0.690	2.771
HD 33647 B	6.67	-0.07			-0.030	0.110	0.690	2.771
HD 33904	3.30	-0.11	-0.52	-0.12	-0.040	0.110	0.650	2.735
HD 34364 A	6.10	-0.06	-2.06	-0.11	-0.040	0.160	0.870	2.861
HD 34719	6.70	-0.10	-1.22	-0.16	-0.040	0.190	0.570	2.743

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 34880 A	6.40	-0.03	-1.33	-0.18	0.010	0.100	0.610	2.724
HD 34923	9.66	0.20						
HD 35548 A	7.00	-0.04	0.14	-0.10	-0.010	0.120	0.890	2.792
HD 35497	1.70	-0.13	-1.41	-0.14	-0.060	0.100	0.560	2.703
BD -00 984	8.43	-0.10	0.27	-0.15	-0.050	0.130	0.520	2.741
HD 36404	6.50	-0.02	-2.77	-0.21	0.040	0.080	0.770	2.698
HD 36881 A	5.60	0.12	-2.94	0.02	0.140	0.040	0.980	2.718
HD 36662	8.54	0.11						2.696
HD 37492	7.08	-0.05	-1.08	-0.10	-0.030	0.130	0.590	2.734
HD 37519	6.00	0.04	-0.43	0.03	0.070	0.080	0.820	2.753
HD 37886	9.00	-0.04	0.84	-0.09	0.000	0.110	0.670	2.780
HD 37752	6.60	-0.06	-0.87	-0.24	-0.010	0.090	0.400	2.697
HD 38478	6.00	-0.07	-0.97	-0.14	-0.020	0.100	0.590	2.705
HD 248727	10.20	0.24						
HD 39773	6.80	0.00			0.010	0.110	0.620	2.760
HD 42353	6.85	-0.07						2.693
HD 42657 A	6.30	-0.08	-0.22	-0.17	-0.030	0.110	0.650	2.737
HD 45975	7.48	-0.07	-0.39	-0.10				2.790
HD 259954	9.10	0.06	-2.09	-0.14	0.100	0.020	0.160	
HD 47152 A	6.20	0.00	1.01	-0.02	-0.010	0.180	0.930	2.864
HD 49023	8.40	-0.05	-0.89	-0.08	-0.010	0.110	0.830	2.777
HD 49025 A	9.10	-0.03	-0.20	-0.05	-0.020	0.130	0.830	2.832

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 49022	9.29	-0.05	0.05	-0.09				2.777
HD 49024	7.90	-0.12	-1.42	-0.11	-0.010	0.100	0.700	2.695
TYC 5961-1860-1	9.95	-0.01	0.66	-0.04	-0.020	0.130	0.910	2.867
HD 49185	9.32	-0.01	0.03	-0.04	0.000	0.130	0.840	2.798
HD 49211	9.38	-0.06	0.10	-0.08	-0.020	0.130	0.880	2.822
HD 49606	5.80	-0.13			-0.060	0.110	0.500	2.702
HD 51688	6.40	-0.11	-1.50	-0.14	-0.050	0.100	0.530	2.705
BD -8 1708	9.90	0.11	-0.55	-0.09	0.150	0.070	0.540	
HD 53244	4.10	-0.12	-1.71	-0.17	-0.050	0.100	0.560	2.685
HD 53929	6.09	-0.13	-0.57	-0.17	-0.050	0.100	0.530	2.708
HD 59067 C	8.90	0.02			-0.010	0.120	0.710	2.576
HD 58661 A	5.70	-0.10	-0.35	-0.14				2.723
HD 60940	8.60	0.02	-0.07	-0.06	0.010	0.110	0.790	2.715
HD 60996	8.82	-0.01	0.09	-0.09	0.010	0.110	0.800	2.813
HD 61374	9.03	-0.03	1.46	-0.09				2.808
HD 62503	7.26	-0.07	-0.31	-0.11				2.806
HD 63080	7.20	-0.03	-0.40	-0.05				2.837
HD 63975	5.10	-0.13	-1.34	-0.14	-0.040	0.090	0.570	2.685
IDS 07551S6033 B	8.85	0.07	0.48	-0.03	0.070	0.180	0.480	2.742
TYC 8911-1720-1 A	8.81	0.06	0.45	-0.03	0.090	0.100	0.870	2.836
HD 65950	6.90	-0.01	-1.51	-0.11	0.050	0.070	0.670	2.694
HD 65949	8.40	-0.03	0.02	-0.14	0.020	0.090	0.600	2.729

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 66259	8.40	0.05	0.03	-0.08	0.050	0.110	0.780	2.803
HD 66409	8.40	0.00	0.02	-0.10	0.040	0.080	0.640	2.744
HD 68099	6.10	-0.10	-1.09	-0.11	-0.040	0.110	0.630	2.720
HD 68826 C	9.35	0.05						2.759
HD 68826 D	9.35	0.05						2.759
HD 68693 A	9.50	-0.01	-0.73	0.08				
HD 68693 B	8.37	0.21	-1.86	0.08				
TYC 7660-3165-1	9.91		-0.34	-0.12				
HD 70235	6.40	-0.08	-0.53	-0.10	-0.020	0.090	0.710	2.704
HD 71066 A	5.60	-0.10	-0.07	-0.14	-0.050	0.120	0.730	2.769
HD 70742	9.48	0.01	-1.06	-0.14				
HD 71557	7.35	-0.09						
HD 71833	6.70	-0.06	-1.69	-0.11	-0.010	0.090	0.630	2.694
HD 72208 A	6.80	-0.07	-0.05	-0.11	-0.010	0.130	0.890	2.805
HD 75333	5.30	-0.09	-0.42	-0.10	-0.030	0.110	0.720	2.747
HD 75642	8.69	-0.04						
HD 77350	5.50	-0.04	0.05	-0.06	-0.020	0.130	1.010	2.814
HD 78316 A	5.20	-0.11	-0.93	-0.13	-0.040	0.120	0.560	2.717
HD 80078	8.20	0.04						
HD 82984 B	5.12	-0.12	-2.19	-0.21	-0.050	0.100	0.380	2.693
HD 85504	6.00	-0.04	-0.65	-0.08	-0.020	0.140	1.040	2.848
HD 86112	9.14	-0.06						2.759

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 86981	9.64	-0.03	-0.37	-0.10	0.010	0.110	0.580	2.686
HD 87031	8.72	0.02	-1.29	-0.08	0.030	0.090	0.950	2.712
HD 87752	9.80	-0.02	-0.19	-0.10	0.010	0.110	0.650	2.742
HD 87751	9.26	-0.03	-0.74	-0.10	0.000	0.100	0.680	2.724
HD 89822 A	4.90	-0.06	-0.21	-0.07	-0.020	0.140	0.960	2.827
HD 96213	8.29	-0.01			0.000	0.140	0.820	2.813
HD 96473	8.48	-0.04			0.000	0.120	1.020	2.827
HD 101189	5.10	-0.02	0.37	-0.03	-0.010	0.120	0.890	2.810
HD 101391	6.40	-0.12	0.42	-0.13	-0.050	0.120	0.680	2.765
HD 106625	2.60	-0.11	-0.80	-0.12	-0.040	0.110	0.760	2.717
HD 106832	8.93	0.21	1.39	-0.02				
HD 110073	4.60	-0.09	-0.73	-0.12	-0.020	0.090	0.640	2.730
HD 112185	1.80	-0.03	-0.22	-0.03	-0.010	0.170	1.150	2.866
BD +30 2431	10.10	-0.14	3.78	-0.15	-0.060	0.110	0.320	2.700
HD 124740 A	7.86	-0.02	0.67	-0.05				2.807
HD 129174	4.90	0.00	0.01	-0.01	-0.010	0.070	0.630	2.745
HD 133833	8.22	0.03						
HD 135485	8.20	-0.07	0.89	-0.17	-0.020	0.110	0.350	2.703
HD 139609	7.40	-0.09	0.23	-0.12	-0.050	0.130	0.680	2.769
HD 141556 A	4.00	-0.04	0.01	-0.07	-0.020	0.130	0.950	2.841
HD 141239	8.98	-0.05						
HD 143807 A	5.00	-0.06	0.04	-0.08	-0.020	0.130	0.880	2.818

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 144206	4.70	-0.11	-0.60	-0.12	-0.030	0.110	0.760	2.756
HD 143287	8.34	-0.25	-1.55	-0.12	0.020	0.160	0.560	
TYC 9036-2087-1	9.85	0.04	-0.04	-0.12	0.050	0.090	0.590	
HD 144661	6.30	-0.06	0.80	-0.10	0.000	0.090	0.400	2.708
HD 144844 A	5.90	0.01	0.06	-0.04	0.030	0.120	0.590	2.791
HD 145389	4.20	-0.06	0.21	-0.06	-0.020	0.130	0.780	2.787
HD 146863	10.40	0.10						
HD 146888	10.40	0.10						
HD 147550	6.25	0.06			0.060	0.110	1.040	2.849
HD 149121	5.60	-0.06	0.12	-0.10	-0.020	0.120	0.910	2.807
TYC 7869-0819-1	8.60	0.09	-0.26	-0.06	0.140	0.170	1.010	
HD 155379	6.50	-0.04	0.66	-0.14	-0.020	0.130	0.850	2.829
HD 158704 A	6.10	-0.06	0.32	-0.19	-0.020	0.120	0.580	2.757
HD 159082 A	6.40	-0.01	0.57	-0.07	0.010	0.120	0.870	2.810
HD 159975	4.60	0.11	-3.04	-0.15	0.130	0.050	0.780	2.718
HD 161698	8.22	0.11	-0.04	-0.08	0.100	0.080	0.570	2.745
HD 161701 A	5.90	0.05	-0.77	-0.07	0.030	0.110	0.660	2.754
HD 161941	6.18	0.12			0.140	0.060	1.150	2.799
HD 162651	7.23	0.67			0.200	0.050	1.040	2.783
HD 165511	7.95	0.01	0.37	-0.18				
HD 165493 A	6.20	-0.08	-1.14	-0.13	-0.010	0.090	0.500	2.703
HD 166958	7.70	0.02						

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 169027	6.70	-0.07	0.23	-0.10	-0.030	0.120	0.820	2.802
HD 168812	6.60	-0.09	-0.83	-0.05				
HD 172044 A	5.40	-0.11	-0.61	-0.13	-0.030	0.100	0.490	2.696
HD 171931	9.19	0.15	0.17	-0.04				
HD 172728	5.74	-0.06	0.32	-0.07	-0.020	0.130	0.920	2.832
HD 172012	9.20	0.15	0.17	-0.04	0.170	0.050	0.840	2.804
HD 172248	8.97	0.07	-0.05	-0.12				
HD 172883	5.80	-0.07	-0.35	-0.09	-0.030	0.130	0.850	2.813
HD 173524A	5.04	-0.09			-0.040	0.120	0.800	2.790
HD 173524B	5.05	-0.13			-0.040	0.120	0.800	2.790
HD 173673	7.65	0.01						2.753
HD 174933 A	5.40	-0.07	-0.20	-0.11	-0.040	0.120	0.590	2.753
HD 175640	6.20	-0.05	0.04	-0.11	0.000	0.100	0.750	2.771
HD 175869	5.60	0.00	-2.40	-0.09	0.050	0.060	0.870	2.707
HD 177517	5.90	0.00	-1.00	-0.06	0.010	0.090	0.800	2.747
HD 178065	6.50	0.05	-1.30	-0.07	0.070	0.080	0.730	2.718
HD 178628	6.30	0.03	-1.22	-0.05	0.070	0.040	0.650	2.676
HD 179709	7.65	0.01	0.13	-0.10				2.828
HD 179761	5.10	-0.07	-1.87	-0.16	-0.010	0.080	0.630	2.700
HD 182308	6.50	-0.07	-0.92	-0.13	-0.030	0.100	0.570	2.699
HD 186122	6.30	-0.04	-0.51	-0.09	-0.020	0.090	0.640	2.729
HD 225573	8.93	-0.03						2.702

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 332677	9.09	-0.06						
HD 190229	5.60	-0.11	-1.03	-0.17	-0.040	0.100	0.600	2.695
HD 191110 A	6.20	0.06	-6.31	-0.05	0.070	0.070	0.750	2.784
HD 191110 B	6.18	0.06	-0.11	0.01	0.070	0.070	0.750	2.784
HD 192666	6.30	0.01	0.54	-0.02	0.030	0.090	0.900	2.826
HD 193452	6.10	-0.02	0.94	-0.04	-0.010	0.140	0.910	2.845
HD 193772	8.10	0.06	-0.40	-0.12	-0.020	0.170	0.870	
HD 194453	6.75	-0.01	-0.69	-0.14				
HD 194783	6.10	-0.11			-0.030	0.090	0.550	2.702
HD 197018	6.06	-0.16			-0.050	0.110	0.440	2.699
HD 200311	7.70	-0.10	0.53	-0.20	-0.040	0.140	0.470	2.718
HD 200614	5.83	-0.07	-2.13	-0.30	-0.020	0.110	0.750	2.714
HD 202149	6.77	-0.08	0.48	-0.12	-0.030	0.120	0.800	2.780
HD 202671	5.40	-0.11	-0.76	-0.14	-0.050	0.100	0.550	2.679
HD 207857	6.20	-0.07	-1.73	-0.22	-0.020	0.100	0.600	2.704
HD 208513	7.65	-0.03	-0.02	-0.12				2.846
HD 209459	5.80	-0.07	-0.78	-0.12	-0.010	0.110	1.020	2.796
HD 210071	6.40	-0.09	-0.16	-0.12	-0.040	0.130	0.540	2.754
HD 210873	6.40	-0.05	-0.19	-0.24	-0.030	0.130	0.920	2.823
HD 211838	5.40	-0.06	-1.96	-0.12	0.000	0.090	0.680	2.721
HD 212454	6.20	-0.13	-1.26	-0.13	-0.050	0.100	0.420	2.694
HD 213236	6.30	-0.03	-0.25	-0.07	-0.020	0.100	0.680	2.737

Tabla C.2.: Bloque 2 del CEHgMn- Datos fotométricos

Identificador	V	B-V	MV	(B-V)₀	b-y	m₁	c₁	Hβ
HD 216494 A	5.80	-0.08	-1.31	-0.11	-0.040	0.120	0.750	2.788
HD 216831	5.70	-0.05	-0.86	-0.10	0.000	0.090	0.630	2.714
HD 217477	6.70	-0.04	0.95	-0.07	0.000	0.110	0.630	
HD 217833	6.50	-0.08			-0.020	0.100	0.370	2.691
HD 220575	6.70	0.03	-2.07	-0.10	0.050	0.070	0.750	2.717
HD 220885	5.70	0.00	0.80	-0.03	-0.020	0.170	0.950	2.858
HD 220933	5.99	-0.06	0.67	-0.09	-0.030	0.140	0.900	2.834
HD 221507	4.40	-0.10	0.75	-0.10	-0.050	0.130	0.680	2.776
HD 222207	6.91	0.05	-1.18	-0.08				

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos											
Identificador	vseni_sel	N_vseni¹²	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 224906	35.0	a96			12668	3.65	2.67	0.40	375		
HD 224926	55.4	n12			14319	3.83	7.18	0.30	139		
HD 225289	40.0	a96			12928	3.68	4.51	0.26	222		
HD 358 A	50.0	a96					33.62	0.35	30		
HD 1009							1.14	0.73			
HD 1909 A	13.0	n12	12400	4.00	12168	4.07	5.79	0.47	173		
HD 2019					12116	4.25	6.04	0.45	166		
HD 3322	23.0	r02			13303	3.98	4.59	0.65	218		
HD 4335	15.0	a96			11666	3.83	7.63	0.40	131		
HD 4382	23.0	wl99	13200	3.54	13419	3.57	4.23	0.22	236		
HD 5342							1.05	0.78			
HD 6832 A							2.34	1.04	427		
HD 236650							2.27	1.34			
HD 7374	20.8	n12	13126	4.02	13001	4.07	7.17	0.44	139		
HD 9298	50.0	a96			13059	3.98	3.91	0.34	256		
HD 10260	20.0	a96			13877	3.50	2.68	0.55	373		
HD 11291	25.0	a96			11621	3.80	6.76	0.34	148		
HD 11336							3.77	0.71	265		

12b70: Bernacca y Perinotto (1970); a96: Adelman (1996); wl99: Wolf y Lambert (1999); h99: Hubrig (1999); d02: Dolk et al. (2002); d03: Dolk et al. (2003); c04: Catalano et al. (2004); k05: Kochukhov et al. (2005); h06 : Huag et al. (2006); r07 :Royer et al. (2007); r09: Renson et al (2009); c10: Cowley et al (2010); g10: González et al. (2010); g12: González (2012), n12: nuestra determinación.

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 11753	13.0	n12			10346	4.27	10.63	0.37	94		
BD +36 367				4.23	9226	4.27		16.90		NGC752- 209	8.4
HD 11905	40.0	a96			13446	3.71	3.27	0.55	306		
HD 14228					13046	4.12	21.22	0.12	47		
HD 16004	30.0	a96			12608	4.02	5.05	0.57	198		
HD 16693					12108	4.01				NGC1039-263	8.71
HD 16727	4.8	wl99	14550	4.19	14345	4.25	7.56	0.34	132		
HD 17280							2.93	1.03	341	NGC1039-2369	8.71
HD 21933	83.3	n12	12000	4.10	11948	4.13	9.31	0.38	107		
HD 22316	30.0	a96			12090	4.37	6.36	0.38	157		
HD 23408	33.0	r02			13193	3.35	8.51	0.28	118	Melotte22-785	5.57
HD 23950	67.0	k05	13000	4.00	12892	4.06	8.86	0.42	113	Melotte22-3325	5.57
HD 26603							1.16	1.23		NGC1528	10.25
HD 27376 A	11.3	n12	12750	4.18	12760	4.23	18.33	0.15	55		
HD 27376 B	11.7	n12	12250	4.10			18.33	0.15	55		
HD 27295	6.0	c04	12000	4.19	11792	4.24	12.08	0.36	83		
HD 28217 A	65.0	n12			13793	3.92	5.55	0.73	180		
HD 28929 A	49.0	r02	12900	4.00	12885	4.05	6.72	0.34	149		
HD 29589	65.0	n12	14600	4.20	14473	4.29	7.83	0.32	128		
HD 31373	75.6	n12	13900	4.10	13884	4.14	8.97	0.33	111		
HD 32964 B	17.0	n12	11100	4.25	10854	4.29	10.56	0.34	95		

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 33647 A	15.2	n12			12420	4.11	2.54	0.73	394		
HD 33647 B	22.2	n12					2.54	0.73	394		
HD 33904	15.0	a96	12750	3.77	12786	3.81	17.54	0.55	57		
HD 34364 A	22.0	h06	10950	4.33	10660	4.27	8.19	0.47	122	Ob1	8.16
HD 34719					12124	4.12	5.38	0.44	186	Cr65	7.86
HD 34880 A	44.2	n12			13159	3.83	3.55	1.28	282		
HD 34923							19.90	20.90			
HD 35548 A	2.5	wl99	11088	3.79	10878	4.27	4.65	0.58	215		
HD 35497	64.0	r02	13250	3.65	13836	3.66	24.36	0.34	41		
BD -00 984	49.0	wl99				4.20				OB1b	8.16
HD 36404	30.0	a96			12057	3.13	1.82	0.44	549		
HD 36881 A	14.0	n12			10875	4.27	2.91	0.67	344	Cr69-4	8.54
HD 36662					29787	6.01	0.21	0.91			
HD 37492	8.5	wl99				3.93	4.58	0.48	218	OB1c	8.16
HD 37519	195.0	a96			11517	3.65	5.25	0.43	190		
HD 37886	19.0	wl99				4.20	6.30	8.30		OB1b	8.16
HD 37752	35.0	a96			15347	4.10	4.12	0.49	243		
HD 38478	61.8	n12			13372	3.63	4.44	0.80	225		
HD 248727								36.90			
HD 39773	20.0	n12					4.18	0.57	239		
HD 42353	15.0	n12					2.80	0.48	357		

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 42657 A	67.0	n12			12681	3.86	5.68	0.69	176		
HD 45975							4.93	0.57	203	NGC2232-6	7.87
HD 259954								4.07		NGC2251-1	11.19
HD 47152 A	33.0	r07			10111	4.27	9.41	0.62	106		
HD 49023					11312	3.82	0.42	0.90		NGC2287-103	9.29
HD 49025 A			11600	3.90	11097	4.28	1.70	13.60		NGC2287-105	9.29
HD 49022			11900	4.00	29787	6.22	5.00	13.90		NGC2287-106	9.29
HD 49024					12486	3.23	0.42	0.90		NGC2287-116	9.29
TYC 5961-1860-1							18.90	20.20		NGC2287-25	9.29
HD 49185							12.10	16.60		NGC2287-30	9.29
HD 49211							3.00	15.60		NGC2287-51	9.29
HD 49606	15.0	a96	14375	3.90	14142	3.82	3.80	0.42	263		
HD 51688	35.0	a96			14049	3.76	2.73	0.48	366		
BD -8 1708							49.30	22.60	20	NGC2323-51	10.5
HD 53244	36.9	n12	13600	3.40	13781	3.42	7.38	0.21	136		
HD 53929	23.8	n12	13900	3.77	13973	3.81	4.40	4.20			
HD 59067 C					11997	1.30	2.06	1.57			
HD 58661 A	27.0	wl99	13450	3.80			6.53	0.66	153		
HD 60940	107.0	h06					1.00	9.30		NGC2422-65	8.67
HD 60996	108.0	h06					2.46	0.51	407	NGC2422-78	8.67
HD 61374								6.60		NGC2451-148	7.57

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 62503							4.64	0.54	216	NGC2451-218	7.57
HD 63080							4.90	0.41	204	NGC2451-255	7.57
HD 63975	28.5	n12	13500	3.36	13767	3.38	5.23	0.36	191		
IDS 07551S6033 B	20.0	n12						0.00		NGC2516-209	8.37
TYC 8911-1720-1 A	15.0	v08					2.95	0.41	339	NGC2516-2	8.37
HD 65950	21.3	n12			12800	3.30	2.95	0.41	339	NGC2516-21	8.37
HD 65949	0.5	c10	13100	4.00	13223	3.91	2.98	1.46	336	NGC2516-91	8.37
HD 66259	49.2	n12			11574	4.22	7.80	8.90		NGC2516-20	8.37
HD 66409	50.9	n12			12926	3.99	7.20	6.90		NGC2516-23	8.37
HD 68099	57.2	n12			13026	3.70	3.72	0.39	269		
HD 68826 C	18.0	g10	12000	4.30							
HD 68826 D	40.0	g10	11500	4.20							
HD 68693 A	27.0	gg11	14900	3.80			4.80	15.00		NGC2546-10	10.23
HD 68693 B	32.0	gg11	15200	3.90						NGC2546-10	10.23
TYC 7660-3165-1							31.20	14.40	32	NGC2546-355	10.23
HD 70235	20.7	n12	12350	3.28	12503	3.32	4.25	0.37	235		
HD 71066 A	3.0	d03	12010	3.95	11992	3.97	7.50	0.35	133		
HD 70742							1.50	0.97		NGC2579-23	10.54
HD 71557							1.30	0.69			
HD 71833	30.0	a96			13180	3.38	2.24	0.48	446		
HD 72208 A	24.2	n12	10900	3.87	10775	4.27	4.49	0.40	223		

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 75333	36.2	n12			12233	3.78	7.24	0.24	138		
HD 75642	32.0	n12	12250	3.72			2.54	0.51	394		
HD 77350	18.0	r02	10375	3.50	10188	4.27	8.31	0.35	120		
HD 78316 A	6.5	c04	13470	3.81	13433	3.85	6.14	0.26	163		
HD 80078							6.50	4.40			
HD 82984 B					15653	4.09	3.93	0.49	254		
HD 85504	27.0	r07			9972	4.27	4.93	0.45	203		
HD 86112							10.10	7.30			
HD 86981								15.40		NGC3114-1	10.01
HD 87031								0.00		NGC3114-2	10.01
HD 87752					12537	3.92	31.40	16.20		NGC3114-211	10.01
HD 87751							18.20	13.90		NGC3114-210	10.01
HD 89822 A	3.5	w99	10900	4.07	10362	4.27	9.61	0.20	104		
HD 96213								0.00			
HD 96473								0.00			
HD 101189	15.4	n12	11020	3.92	10905	4.27	11.44	0.42	87		
HD 101391	54.0	w99	12500	4.02	12420	4.07	6.41	0.37	156		
HD 106625	36.0	d02	12125	3.70	11983	3.36	21.23	0.20	47		
HD 106832							3.09	1.26	324		
HD 110073	17.2	n12	12900	3.75	13026	3.79	8.94	0.24	112		
HD 112185	33.0	r02		3.57	9284	4.27	39.51	0.20	25		

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
BD +30 2431					16531	4.41	5.52	1.50	181		
HD 124740 A	2.0	d02	10350	4.00	29787	6.21	3.83	0.87	261		
HD 129174	14.0	d02	13037	3.97	13451	4.01	10.67	1.35	94		
HD 133833							2.80	6.80			
HD 135485					15850	4.36	3.96	0.86	253		
HD 139609					12285	4.11	3.84	0.76	260		
HD 141556 A	2.5	h99	10664	3.98	10507	4.27	16.71	0.27	60		
HD 141239							6.30	7.40			
HD 143807 A	2.5	d02	11250	3.65	10867	4.27	10.46	0.24	96		
HD 144206	10.0	d03	11950	3.70	11986	3.79	8.78	0.18	114		
HD 143287	73.5	n12					3.58	0.87	279	NGC6025-11	9.89
TYC 9036-2087-1			13100	3.90			2.42	0.71	413	NGC6025-14	9.89
HD 144661	46.3	n12	15800	4.19	15411	4.27	8.37	0.41	119		
HD 144844 A	10.0	n12					7.35	0.31	136		
HD 145389	9.5	d03	11781	3.97	11447	4.03	15.99	0.45	63		
HD 146863								41.50			
HD 146888								41.50			
HD 147550	15.0	r07					7.64	0.64	131		
HD 149121	8.0	d02	10908	3.83	10799	4.27	8.45	0.32	118		
TYC 7869-0819-1							2.10	13.90		NGC6281-6	8.86
HD 155379	23.0	r07			10993	4.21	7.77	0.51	129		

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 158704 A	2.5	h99	13163	4.22	13147	4.27	8.36	0.67	120		
HD 159082 A	17.6	n12	11100	3.97	10968	4.27	7.39	0.40	135		
HD 159975	95.0	a96			12152	3.40	4.32	0.20	231		
HD 161698	80.0	b70			13404	4.24		6.60		IC4665-76	8.27
HD 161701 A	16.3	n12			12427	4.04	5.44	0.32	184		
HD 161941	35.0	r07					3.78	0.46	265		
HD 162651							3.77	0.56	265		
HD 165511	25.0	n12	10746				2.95	0.80	339	Cr359	7.58
HD 165493 A	2.5	d03	13890	3.90	14346	3.86	3.68	0.60	272		
HD 166958	16.0	n12	10385				5.26	0.98	190		
HD 169027	32.0	wl99	11500	4.01	11333	4.06	5.28	0.36	189		
HD 168812							3.52	0.27	284		
HD 172044 A	44.0	r02			14409	3.80	6.47	0.22	155		
HD 171931							15.30	12.60		IC4756-40	9.02
HD 172728	31.0	r07	10700	3.98	10610	4.27	8.40	0.22	119		
HD 172012					11518	4.13	18.60	13.50		IC4756-58	9.02
HD 172248							27.30	11.30	37	IC4756-117	9.02
HD 172883	73.0	r07	11300	4.01	11008	4.07	6.04	0.21	166		
HD 173524 A	44.0	r07	11700	4.00	11463		9.58	0.16	104		
HD 173524 B	5.0		11100	4.11	11463		9.58	0.16	104		
HD 173673							4.60	4.90			

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 174933 A	5.0	w99	13100	4.21	13028	4.20	7.10	0.68	141		
HD 175640	2.0	d03	12077	3.92	11968	3.97	6.35	0.41	157		
HD 175869	140.0	a96			11582	3.03	2.87	0.26	348		
HD 177517	102.0	r07			11709	3.62	4.56	0.37	219		
HD 178065	2.0	d2	12193	3.54	12227	3.48	3.25	0.67	308		
HD 178628					13495	3.11	3.53	0.44	283		
HD 179709							1.94	0.86	515		
HD 179761	16.0	r07			13228	3.46	4.59	0.29	218		
HD 182308	8.0	w99	13550	3.56	13635	3.59	3.55	0.27	282		
HD 186122	10.0	w99	12900	3.74	12990	3.78	4.64	0.41	216		
HD 225573					29787	6.10		0.76			
HD 332677								7.30			
HD 190229	9.0	d02	13240	3.43	13303	3.45	5.11	0.32	196		
HD 191110 A	10.0	n12	11000	3.60			5.90	0.40	169		
HD 191110 B	10.0	n12	10700	3.90			5.90	0.40	169		
HD 192666	115.0	r07			11013	4.27	7.36	0.40	136		
HD 193452	2.0	h99	10776	4.10	10585	4.27	9.61	0.90	104		
HD 193772							2.59	1.05	386		
HD 194453	16.1	n12	10650				4.78	0.49	209		
HD 194783	36.7	n12			13966	3.70	4.58	0.36	218		
HD 197018	55.0	a96			14912	3.98	3.53	0.53	283		

Tabla C.3: Bloque 3 del CEHgMn- Parámetros físicos

Identificador	vseni_sel	N_vseni	Tef (L)	logg(L)	Tef(N)	logg(N)	P(msarc)	e_P(msarc)	D(pc)	Cúmulo	Mod
HD 200311					13863	4.12	4.25	0.51	235		
HD 200614	20.0	a96			11967	3.35	3.54	0.42	282		
HD 202149	30.9	a96			11512	3.91	5.88	0.48	170		
HD 207857	12.8	wl99	13300	3.56	13279	3.59	3.21	0.40	312		
HD 208513					29787	7.60	3.23	0.51	310		
HD 209459	14.0	r07			10279	4.27	5.18	0.41	193		
HD 210071	95.0	r07			13379	4.33	5.06	0.33	198		
HD 210873					10603	4.27	6.33	0.24	158		
HD 211838	62.8	n12			12616	3.59	3.70	0.38	270		
HD 212454	40.0	a96			15297	3.98	3.22	0.43	311		
HD 213236	19.1	n12	11977	4.06	12573	3.78	5.17	0.50	193		
HD 216494 A	0.0	h99	11860	4.06	11860	4.11	3.95	0.40	253		
HD 216831	65.0	k05	13100	3.60	13057	3.65	5.23	0.29	191		
HD 217477	28.0	r07					7.38	0.74	136		
HD 217833	30.0	a96					3.84	0.57	260		
HD 220575	23.0	r07			12189	3.41	2.03	0.39	493		
HD 220885	75.0	a96			10114	4.27	10.87	0.30	92		
HD 220933	33.0	r02	10950	4.05	10687	4.27	9.04	0.33	111		
HD 221507	33.6	n12	12476	4.13	12315	4.18	18.74	0.15	53		
HD 222207							2.85	0.42	351		