



Universidad de los Andes
Facultad de Ciencias
Postgrado de Física Fundamental

Censo a gran escala de estrellas Herbig Ae/Be en regiones de formación estelar de Orión

**Trabajo especial de grado para optar al título de
Magíster en Ciencias**

Lic. Luis E. Villarreal C.
Universidad de los Andes (ULA)
Fundación Centro de Investigaciones de Astronomía (CIDA)

Tutor: Dr. Jesús Hernández
Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México
Campus Ensenada

Enero 2018

C.C.Reconocimiento

Abstract

This study proposes the realization of a large-scale census of Herbig AeBe (HAeBe) stars in an area that encompasses \sim 1000 square degrees towards the Orion star formation regions. A photometric selection scheme based on data from the WISE/2MASS catalogs and capable of recovering the \sim 88% of the HAeBe stars reported of the region is developed. This is complemented with another photometric pre-identification scheme based on the discarding of possible contaminant objects. The selection based on its infrared excesses provides 674 candidates for HAeBe, of which only 93 stars have correspondence in the optical catalog KHAR09+ (based on Kharchenko, 2009 and Tycho 2, 1997). An optical follow-up of this subgroup using the OSU-CCD^[108] spectrographs from the Michigan-Dartmouth-MIT Observatory (MDM), FAST at the Fred Lawrence Whipple Observatory (FWL)^[27] and Boller&Chivens of the San Pedro Mártir Observatory (SPM)^[112] is performed. The spectroscopic analysis using the SPTCLASS tool, allows the identification of 90/93 objects, out of these, 56 objects (60.2%) are in the HAeBe regime, 11 (11.8%) in the intermediate mass TTauri (IMTTS) regime with H α in emission and 9 (9.7%) objects with possible fill-up, for a total of 76 candidates highly probable to be young stellar objects (81.7% with respect to the sample). It should be noted that this analysis provides homogeneous spectral types for the vast majority of HAeBe stars known in the study region. As a result, a set of 11 of these stars in the HAeBe and 2 in the IMTTS regimes are analyzed as potential candidates for new HAeBe or IMTT stars, depending on the case. A series of additional tests, among which stand out: photometric pre-identification, location in the HR diagram, linkage to nebulosity in its immediate vicinity and to nearby stellar overdensity are applied to the new candidates, highlighting that those tests involving distances were performed within the context of the GAIA DR1. The results suggest that 5 stars are very likely candidates for HAeBe, while in the IMTTS regime their two candidates are also very likely.

Thereafter, on the basis of the pre-identification scheme, a forecast of the distribution of the remaining 581/674 stars (86.2%) is made based on the possible types of objects, predicting the distribution of these objects in 270/674 (40.0%) stellar objects inside the HAeBe photometric box, 122/674 (18.1%) for Classical Be (CBe), 122/674 (18.1%) for carbon stars (AGB-C), 1/674 (0.2%) for Planetary Nebulae (PNeb), 35/674 (5.3%) objects that share HAeBe/CBe locus, 1/674 object (0.2%) that share the PNeb/HAeBe locus and 27/674 (4.0%) for stars outside of a particular locus. Far beyond that of the creation of efficient scheme of selection, our HAeBe candidates open the possibility of being used as key pieces towards the understanding of the process of star formation in the intermediate mass regime, as well as the process of evolution of the protoplanetary disk and the formation of planets under mechanisms of evolution and/or environmental conditions more efficient with respect to their counterpart of low mass, the classical TTauri stars.

Keywords: Census, Protoplanetary discs, HAeBe Stars, WISE, 2MASS, GAIA, Orion.

www.bdigital.ula.ve

Resumen

Este estudio propone la realización de un censo a gran escala de estrellas Herbig AeBe(HAeBe) en un área que abarca \sim 1000 grados cuadrados hacia las regiones de formación estelar de Orión. Para la búsqueda, se desarrolla un esquema de selección fotométrica basado en datos de los catálogos WISE/2MASS capaz de recuperar el \sim 88% de las estrellas reportadas como HAeBe de la región, el cual se complementa con otro esquema de pre-identificación fotométrica basado en el descarte de posibles objetos contaminantes. La selección en función de sus excesos infrarrojos provee 674 estrellas candidatas a HAeBe, de las cuales solo 93 estrellas tienen correspondencia en el catálogo óptico KHAR09+ (basado en Kharchenko, 2009 y Tycho 2, 1997). Se realiza un seguimiento óptico de este subgrupo utilizando los espectrógrafos OSU-CCD^[108] del Observatorio Michigan-Dartmouth-MIT (MDM), FAST en el telescopio del Observatorio Fred Lawrence Whipple (FWL)^[27] y Boller & Chivens del Observatorio San Pedro Mártir (SPM)^[112]. El análisis espectroscópico utilizando la herramienta SPT-CLASS, permite la identificación de 90/93 objetos, de los cuales 56 (60.2%) están en el régimen de las HAeBe, 11 (11.8%) en el de TTauri de masa intermedia (IMTTS) con H α en emisión y 9 (9.7%) objetos con posible “fill-up”, para un total de 76 objetos candidatos altamente probables a ser objetos jóvenes (81.7% respecto a la muestra). Cabe destacar, que dicho análisis, aporta tipos espectrales en forma homogénea para la gran mayoría de las estrellas HAeBe conocidas en la región de estudio. Como resultado, un conjunto de 11 de estas estrellas en el régimen HAeBe y 2 en el IMTTS se analizan como potenciales candidatas a nuevas estrellas HAeBe o IMTTS según el caso. Una serie de pruebas adicionales dentro de las que destacan: pre-identificación fotométrica, representación en el diagrama HR, vinculación a nebulosidad en su vecindad inmediata y a sobredensidad estelar cercana son aplicadas a las nuevas candidatas, resaltando que aquellas pruebas que involucran distancias fueron realizadas dentro del contexto

del DR1 de GAIA. Los resultados sugieren que 5 estrellas son candidatas a HAeBe muy probables, mientras que en el régimen IMTTS califican sus dos candidatas como muy probables también. Seguidamente, sobre la base del esquema de pre-identificación se hace un pronóstico de la distribución de las 581/674 estrellas restantes (86.2%) en función de los posibles tipos de objetos, prediciendo la distribución de estos objetos en 270/674 (40.0%) objetos estelares dentro de la caja fotométrica de las HAeBe, 122/674 (18.1%) para tipo Clásicas Be (CBe), 122/674 (18.1%) para estrellas de carbono (AGB-C), 1/674 (0.2%) para tipo Nebulosas Planetarias (PNeb), 35/674 (5.3%) objetos que comparten locus HAeBe/CBe, 1/674 objeto (0.2%) que comparten el locus PNeb/HAeBe y 27/674 (4.0%) para estrellas fuera de algún locus particular. Más allá de la creación de un esquema de selección eficiente, nuestras candidatas HAeBe abren la posibilidad de ser utilizadas como piezas claves hacia el entendimiento del proceso de formación estelar en el régimen de masa intermedia, así como también, del proceso de evolución del disco protoplanetario y de formación de planetas bajo mecanismos de evolución y/o condiciones ambientales más eficientes respecto a sus análogas de baja masa, las estrellas T Tauri clásicas.

Palabras claves: Censo, Discos protoplanetarios, Estrellas HAeBe, WISE, 2MASS, GAIA, Orión.

www.bdigital.ula.ve

Dedicatoria

A mis padres Ludyn y Deómedes, por el gran apoyo incondicional, ¡Viejos!, he aquí frutos de su siembra.

A mi esposa Karla, esa llama soñadora que ante los desafíos siempre encuentra posibilidades, creadora de momentos que uno evoca para enfrentar la adversidad. Ha sido grandioso tenerte a mi lado.

A mi hijo Santiago, nuestra obra maestra, mi motivo y orgullo en la vida, como símbolo de perseverancia y esfuerzo. ¡Hijo!, nunca dejes de soñar, hazlo despierto, ya que el que sueña dormido, sueña solo esa noche pero el que lo hace despierto lo hace toda la vida, eso sí, no dejes de tocar piso.

A mi hermana Angélica, por su apoyo, por su fe en Dios y por su confianza en mi. ¡Eres mi orgullo!

A Mérida, ciudad gestadora de ideales, de montañas puntiagudas cobijadas por grandes bosques y sorpresivos mantos de nieve. Tu barba é palo.. ¡Eh! Vaya toque misterioso.

A Venezuela, patria mía, hoy que veo que te aqueja un descuido sin medida, y por fuerzas que ofrecieron protegerte en su consigna, te ofrezco este granito de gratitud porque sanen tus heridas, al final de cuentas, estas son también las mías.

Finalmente, pido al Creador que me permita retribuirles en alegrías y grandes momentos el tiempo que dejamos de pasar juntos, mis sinceras disculpas si alguna vez sintieron que les abandoné.

De corazón, les amo.

www.bdigital.ula.ve

Agradecimientos

En el desarrollo de este trabajo extiendo mi más sincero agradecimiento:

- Al Dr. Jesús Hernández, por sus comentarios, sugerencias y la valiosa orientación a lo largo de toda esta investigación.
- Al Postgrado de Física Fundamental PFF de la Universidad de los Andes, Mérida, por proveer el contexto, las herramientas y los vínculos interinstitucionales necesarios para esta formación académica.
- Del mismo modo, al Centro de Investigaciones de Astronomía "Francisco J. Duarte" CIDA, por proveer el entorno, las herramientas, el recurso humano capacitado para la orientación y realización de este trabajo.
- A la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) por haber brindado el apoyo inicial para emprender esta carrera.
- A la Dra. Katherine Vieira y al Dr. Francisco Fuenmayor por sus valiosos comentarios y sugerencias hacia el fortalecimiento del trabajo final.

Contenido

	Pag
Abstract	iii
Resumen	v
Dedicatoria	vii
Agradecimientos	viii
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Marco teórico	6
1.2.1 Estrellas HAeBe	6
1.2.2 Análisis espectral	7
1.2.2.1 Rasgos preponderantes en el óptico	7
1.2.2.2 Rasgos preponderantes en el infrarrojo	8
1.2.2.3 Otros rangos: ultravioleta y rayos X.	8
1.2.3 Evolución	9
1.2.4 Estructura general del disco circunestelar	10
1.3 Tipología de discos protoplanetarios en HAeBe	12
1.4 El catálogo infrarrojo WISE	15
2 Selección y observación de la muestra	21
2.1 Selección fotométrica de estrellas candidatas	22
2.2 Observaciones espectroscópicas	27
2.2.1 FAST	30
2.2.2 OSU-CCDS	30

CONTENIDO

2.2.3	Boller & Chivens - SPM	31
3	Completitud y contaminación de la muestra	33
3.1	Completitud	34
3.2	Contaminación de la muestra	35
3.2.1	Estrellas Clásicas Be	35
3.2.2	Estrellas AGB	36
3.2.3	Estrellas PAGB y nebulosas planetarias PNeb	37
3.2.4	Estudio en colores 2MASS-WISE para la identificación de las estrellas HAeBe y sus posibles contaminantes	39
4	Análisis espectroscópico de las candidatas a HAeBe	45
4.1	SPTCLASS: Esquema de clasificación espectral	46
4.2	Caracterización espectral de candidatas HAeBe	48
4.2.1	Estrellas HAeBe	48
4.2.2	Otros objetos estelares jóvenes	54
4.2.3	Otros objetos estelares o de estatus evolucionario incierto	55
4.3	Método fotométrico vs. espectroscópico	56
5	Indicadores adicionales de juventud	63
5.1	Distribución espacial del grupo C_HAeBe _{Óptico}	64
5.2	Diagrama Hertzprung-Rusell	66
5.3	Diagramas color-magnitud	74
5.3.1	Diagrama color-magnitud B-V vs. V para las candidatas del grupo C_HAeBe _{Óptico} sin correspondencia en distancia GAIA . .	74
5.3.2	Diagrama color-magnitud B-V vs. V para candidatas sin correspondencia óptica en KHAR09+	75
5.3.3	Diagrama color-magnitud G-J vs. G para candidatas sin correspondencia óptica KHAR09+ o APASS	77
5.4	Diagramas de sobredensidad	78
6	Conclusiones	83
Bibliografía		87
A	Versión completa de la Tabla 2.1	93

CONTENIDO

B Espectros de grupos de estrellas destacados de nuestra selección y algunas de sus SEDs	108
C Glosario de Tipos de Objetos en SIMBAD del Capítulo 4	114
D Clasificación fotométrica preliminar de las 581/674 candidatas sin correspondencia en KHAR09+	115
E Diagramas de sobredensidad estrellas candidatas a nuevas HAeBe e IMTTS.- Continuación	116
Lista de Figuras	119
Lista de Tablas	122

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 1

Introducción

En la actualidad, bajo un esquema muy general, se conoce que en la formación de una estrella se crea un disco circunestelar como consecuencia de la conservación del momentum angular. Al inicio, los discos proveen rápidamente material a la estrella de su nube molecular progenitora, hasta que progresivamente éste se agota y en consecuencia, la tasa de acreción disminuye hasta eventualmente detenerse. Una serie de mecanismos físicos (viscosidad, fotoevaporación, crecimiento de granos de polvo, perturbaciones gravitacionales por planetésimos, entre otros) se dan lugar a lo largo de esta evolución, disipando el disco y propiciando las condiciones que podrían dar origen a un potencial sistema planetario. Sin embargo, estudios en detalle revelan que existe una dependencia en la evolución y disipación del disco en función de la masa de la estrella, siendo ésta más rápida si la estrella es más masiva.

La literatura suele distinguir la formación estelar bajo dos regímenes particulares^[65]: estrellas de alta masa ($> 10 M_{\odot}$ ¹), que se forman únicamente en nubes moleculares gigantes y estrellas de baja masa (con $1 M_{\odot}$ o menos), que pueden formarse tanto en nubes moleculares gigantes como en las menos masivas^[117]. Las estrellas Herbig Ae/Be (HAeBe) son estrellas de pre-secuencia principal (PMS), categorizadas en el régimen de masa intermedia (aproximadamente de 2 a $10 M_{\odot}$) con un disco protoplanetario a su alrededor^[43,120]. Encontrar este tipo de objetos con discos primordiales representa una tarea compleja, ya que ésta se encuentra condicionada no solo al hecho de que las estrellas de mayor masa son intrínsecamente escasas desde el punto de vista de su origen, sino también al hecho de que en ellas los procesos físicos que conllevan a la

¹ M_{\odot} : Masa solar

1. INTRODUCCIÓN

dissipación del disco circunestelar son más eficientes en relación a su homóloga de menor masa, las estrellas Clásicas T-Tauri^[45]. Por otro lado, las estrellas de masa intermedia también evolucionan más rápido en el diagrama Herzsprung-Russel, ya que en él se reflejan cambios en la estructura estelar.

El área del cielo enmarcada por la constelación de Orión, también conocida como el Cazador, es una región donde existe un gran número de asociaciones y cúmulos estelares jóvenes en diferentes estados evolutivos y bajo la influencia de una gran variedad de parámetros ambientales. Debido a la presencia de nubes moleculares gigantes y grupos estelares jóvenes, Orión ha sido blanco por excelencia de numerosos estudios en el campo de la formación y evolución estelar^[5,43,86]. Enfocar nuestra atención cuidadosamente en Orión y en sus diversas asociaciones estelares, representa la posibilidad de potenciar el número de detecciones de estrellas HAeBe con discos y/o de confirmar las existentes.

Por ello, este trabajo presenta los recursos, datos y esquemas de selección que se implementaron en la construcción de un censo a gran escala de estrellas de masa intermedia con discos en un área de $\sim 32^\circ \times 33^\circ$, el cual incluye las regiones de formación estelar de Orión sobre la base del sondeo espacial WISE¹^[122] y 2MASS^[99] para la selección de candidatas, así como también, de los datos DR1 de GAIA^[11,91] como un subconjunto del sondeo global. A pesar de que se han realizado diversos catálogos de estrellas de masa intermedia con discos, algunos a gran escala^[13,107,116], basados en observaciones de IRAS²^[85], y otros a pequeña escala^[43,45,68] que pudieran abarcar algunas regiones de formación estelar de Orión, no se cuenta hasta el momento con un catálogo de estrellas HAeBe en la región de estudio sobre la base de los sondeos mencionados.

Tomando en consideración que la sensibilidad de WISE a $12\text{ }\mu\text{m}$ (W3) es del orden de cien veces mayor que la que puede ofrecer IRAS para la misma longitud de onda^[122], este instrumento provee una visión más detallada sobre la región que los catálogos a gran escala previos, pudiéndose estimar (sin considerar extinción) excesos infrarrojos a $12\text{ }\mu\text{m}$ en estrellas de la secuencia principal más masivas que G1 a una distancia de hasta 500 pc. El exceso infrarrojo detectado probablemente es producido por discos circunestelares. Además, aunque WISE no supere la sensibilidad y resolución espacial

²Por sus siglas en inglés: Infrared Astronomical Satellite

²Por sus siglas en inglés: Wide-field Infrared Survey Explorer

1.1 Antecedentes

de los datos fotométricos disponibles del telescopio espacial infrarrojo Spitzer, ofrece la ventaja sobre éste de proveer una muestra de datos de toda la región de estudio.

Aunque otros autores (Koenig et al., 2014^[61]) han desarrollado esquemas de selección para objetos estelares jóvenes, nuestra revisión de ellos con muestras selectas de candidatas HAeBe indican solo una recuperación de $\sim 30\%$ y una clasificación errada del $\sim 40\%$, razones por la cuales, el desarrollo de un esquema de selección en el régimen de masa intermedia se hace imperativo.

Este trabajo esta organizado de la siguiente manera: Capítulo 1, establece el marco de referencia motivacional, histórico y conceptual que lo sustenta, Capítulo 2; nos adentra en el marco metodológico con la selección de la muestra y los aspectos observacionales, Capítulo 3; discute aspectos relacionados a la completitud y posible contaminación de la muestra, hacia una caracterización fotométrica preliminar; Capítulo 4, abarca la caracterización espectroscópica de la muestra y se pone en contraste con la caracterización fotométrica preliminar; Capítulo 5, presenta las pruebas adicionales de juventud en la confirmación de nuestras candidatas y Capítulo 6, donde se establecen las conclusiones finales.

1.1 Antecedentes

El reconocimiento del primer listado de estrellas HAeBe se remonta a 1960 cuando George H. Herbig^[40] propone un grupo de 26 de ellas y 7 objetos probablemente relacionados. Dicho listado lo conformaron estrellas que satisficieron tres criterios: 1) tipo espectral A o más temprano, con líneas de emisión, 2) localizadas en una región obscura y 3) una nebulosidad bastante brillante en su vecindad inmediata.

Desde entonces, fueron varios los catálogos que se publicaron de estrellas HAeBe y candidatas a serlo cumpliendo estos mismos requerimientos. En 1984, el catálogo que le prosiguió, fue la compilación por Finkenzeller y Mundt^[29] el cual comprendió 57 objetos, incluyendo aquellos del listado de Herbig^[40]. Herbig y Bell^[41], ofrecieron un listado 39 estrellas HAeBe a partir de su catálogo de 742 objetos jóvenes con líneas de emisión (que denotaremos HB), con algunas de ellas ya comprendidas en listados previos.

1. INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de estudiar la naturaleza de las estrellas candidatas a HAeBe, Thé, de Winter y Pérez^[107] (que denotaremos TWP), en 1994, realizaron una compilación de 287 objetos estelares a los que aplicaron una serie de criterios complementarios a los iniciales: a) exceso en el infrarrojo cercano o lejano, b) variabilidad fotométrica y c) variabilidad en la polarización lineal. En ella, se destacaron 252 estrellas que atendieron a uno o a una combinación de los criterios planteados.

Por otra parte, en el 2003, Vieira et al.^[116] presentaron un catálogo de 131 estrellas candidatas a HAeBe, de las cuales 108 fueron obtenidas del sondeo Pico dos Dias (PDS¹) usando el catálogo *IRAS point source*, 19 de los catálogos HB y TWP, y 4 objetos fueron seleccionados del catálogo *IRAS faint source*. Su criterio se basó principalmente en la selección de objetos más brillantes que magnitud 14 mediante una estimación visual sobre las imágenes del Digitized Sky Survey, al sur de 30° norte y asociados posiblemente a flujos infrarrojos con índices espectrales : $\alpha_1 = 3.14 \log(F_{25}/F_{12}) - 1$ y $\alpha_2 = 2.63 \log(F_{60}/F_{12}) - 1$ dentro de los correspondientes intervalos $-1.35 \leq \alpha_1 \leq 2.0$, $-1.85 \leq \alpha_2 \leq 1.5$. A partir de estos datos se seleccionaron como candidatas a estrellas HAeBe aquellas que cumplían los siguientes requerimientos: a) de tipo espectral más tempranas a F5 con H α en emisión, b) que H α no pareciera provenir de una nebulosa circunestelar, c) que no fuesen supergigantes, simbióticas o variables luminosas azules (LBV) y d) que tuvieran índice espectral $\beta > \sim -2$, requerimiento con el que se excluirían fuentes infrarrojas muy débiles como estrellas clásicas B[e] o estrellas tipo Vega. Éste último índice es definido como $\beta = 0.75 \log(F_{12}/F_V) - 1$, donde F_V es el flujo en la banda visual^[111].

En el 2005, Hernández et al.^[43], realizaron un estudio de estrellas tipo temprano en las asociaciones OB dentro de un rango de edades comprendidas entre 3 y 16 Maños² a fin de determinar la fracción de estrellas HAeBe en una muestra seleccionada del catálogo de Hipparcos. Para las asociaciones Upper Scorpius, Perseus OB2 y Lacerta OB, la membresía astrométrica fue determinada por de Zeeuw et al.^[18], mientras que para OB1 de Orión se usaron restricciones astrométricas y fotométricas de acuerdo a Brown et al.^[9,10]. La muestra incluyó datos del cúmulo Trumpler 37 y parte del

¹De su notación en inglés Pico dos Dias Survey

²Maños: Millones de años

1.1 Antecedentes

cúmulo Cep OB2. El estudio obtuvo 440 espectros, a partir de los cuales se determinó tipo espectral, extinción visual, temperatura efectiva, luminosidades y la presencia de emisión en H α . El criterio aplicado para la selección de estrellas candidatas a HAeBe fue: 1) presencia de H α en emisión, 2) pertenencia a la región HAeBe en el diagrama JHK^[42] y 3) fuerte flujo IRAS ($\beta \gtrsim -2$) como en Vieira et al. (2003)^[116], pudiendo identificarse dos candidatas en Upper Scorpius, cero en Perseus OB2, cero en Lacerta OB1, dos en Orión OB1a, cuatro en Orion OB1bc, y dos en Trumpler 37, para un total de diez estrellas HAeBe.

En el 2014, Landaeta, Y.^[68] utilizó cinco campos de la asociación estelar Orión OB1, tomados con los instrumentos IRAC (3.6 μm , 4.5 μm , 5.8 μm , 8 μm) y MIPS (24 μm) bajo la propuesta Spitzer #50360 de Briceño, C. et al^[6], con la finalidad de hacer un censo de discos protoplanetarios en torno a estrellas de masa intermedia. El estudio comprendió una selección a partir del catálogo 2MASS^[15]¹ con el límite $J < 13$, calculado para detectar estrellas G5 o más tempranas, localizadas hasta 500 pc, con una extinción máxima $A_V = 2$ magnitudes. Analizando los diferentes niveles de exceso en 24 μm mediante diagramas $K - [24]$ vs. $J - H$, el trabajo reportó 119 estrellas candidatas a poseer algún tipo de disco protoplanetario, de las cuales el $\sim 26\%$ mostraron discos ópticamente gruesos como los encontrados alrededor a estrellas HAeBe, el $\sim 7\%$ discos en transición y el $\sim 62\%$ con discos de segunda generación. La mayor fracción de discos de segunda generación se evidenció en los campos ubicados en OB1a (10 Ma) en consistencia con las observaciones^[44] y modelos^{[55] [56]} que sugieren que a partir de 5 Ma los discos de segunda generación empiezan a dominar en poblaciones de estrellas de masa intermedia^[46].

Hoy en día, el número de estrellas HAeBe confirmadas en todo el cielo pudiese superar el número reportado recientemente por Chen et al. 2016^[13] en su compilación, la cual suma un total de 253 estrellas. Han sido variados los esfuerzos por encontrar un grupo determinante de características observacionales, sin embargo en la práctica parecieran indicar que va más allá de un simple criterio. El análisis en el infrarrojo juega un papel preponderante debido a que la gran mayoría de ellas comparten un punto común: exceso en el infrarrojo. A la fecha, se conoce que éste es producido por la reirradiación térmica del polvo en el disco circumestelar^[17,29,43,47,71,73,113]. Este

¹2MASS: Two Micron All Sky Survey

1. INTRODUCCIÓN

punto de convergencia, no solamente reúne a las estrellas HAeBe, diversos estudios han confirmado la existencia de contaminación en muestra de estrellas de pre-secuencia principal (PMS¹) con estrellas evolucionadas a pesar de estar en una fase evolutiva completamente distinta^[61,95,107,115].

La presente investigación comprende la búsqueda de estrellas HAeBe en una región mucho más extensa en comparación a las regiones estudiadas en Landaeta, Y 2014.^[68] en base a criterios de selección semejantes haciendo uso de los datos del telescopio espacial WISE. Nuestra región abarca $\sim 32^\circ \times 33^\circ$ e incluye todas las regiones conocidas de formación estelar en la constelación de Orión. Un seguimiento óptico-espectroscópico se realizó utilizando los espectrógrafos OSU-CCD^[108] en el telescopio de 1.3 m del Observatorio Michigan-Dartmouth-MIT (MDM), FAST en el telescopio del Observatorio Fred Lawrence Whipple (FWL)^[27] y Boller & Chivens del Observatorio San Pedro Mártir (SPM)^[112], permitiéndonos determinar su tipo espectral, confirmar su naturaleza PMS, estimar tipos de discos y parámetros estelares característicos como: T_{eff} , luminosidad, exceso de color, entre otros.

www.bdigital.ula.ve

1.2 Marco teórico

1.2.1 Estrellas HAeBe

Las estrellas Herbig Ae/Be (HAeBe) son estrellas PMS dentro de un rango de masa de 2 a $10 M_\odot$ que al igual que a las estrellas clásicas T-Tauri (CTTS²) se les asocia la existencia de un disco protoplanetario de acreción en torno a ellas. Dicho rango de masa, comúnmente es referido al rango de las estrellas de masa intermedia (IMS³). En general, se muestran como objetos estelares jóvenes con líneas en emisión, de tipos espectrales B, A y en algunos casos también F, asociados generalmente a nubes oscuras o nebulosas brillantes^[40,43,117]. No obstante, la búsqueda IRAS all-sky en el lejano infrarrojo (FIR⁴) permitió constatar la presencia de estrellas HAeBe de forma aislada, es decir, sin asociarlas a una nebulosidad o que estén claramente localizadas en un área de formación estelar activa^[117].

¹Por sus siglas en inglés: Pre-main sequence star

²Por sus siglas en inglés CTTS: Classical T-Tauri Stars

³Por sus siglas en inglés IMS: Intermediate Mass Stars

⁴Por sus siglas en inglés FIR: Far Infrared

Thé et al.^[107], señalaron algunas características adicionales entre las que destacaron: la presencia de una extinción anómala, la existencia de exceso infrarrojo, variabilidad en perfiles de $H\alpha$ y Mg II ($\lambda 2800$) en emisión, emisiones $Ly\alpha$, variabilidad fotométrica y en polarización lineal, el efecto de azulamiento, entre otros. Sin embargo, muy pocas estrellas satisfacen todos estos criterios simultáneamente, muy probablemente debido a que estas estrellas se encuentren en distintos estados evolutivos^[73,116]. En este sentido, basándose en las propiedades claramente comunes, Waters et al.^[117], proponen una definición operacional: a) estrellas más tempranas a F0 con líneas Balmer de emisión, b) exceso infrarrojo (IR¹) debido a polvo circunestelar a distintas temperaturas y c) clases luminosas de III a V. Con este último criterio se busca excluir las estrellas supergigantes B[e], que son estrellas post-secuencia principal masivas con ejecciones ecuatoriales aplanadas de su propio material^[125].

1.2.2 Análisis espectral

1.2.2.1 Rasgos preponderantes en el óptico

En las estrellas HAeBe, el rasgo más característico es la línea de $H\alpha$ en emisión aunque algunas estrellas HAeBe exhiben componentes en emisión en otras líneas de la serie Balmer de hidrógeno ($H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$, etc). Es usual encontrar otros rasgos en emisión en algunas HAeBe, tales como las líneas [OI] a 6300Å, He a 5876Å, 6678Å, el doblete de Na I a 5890Å, 5896Å y las líneas 4924Å, 5018Å y 5169Å del multiplete 42 de Fe II (ej. la estrella MWC137)^[42]. Aunque también en algunas ocasiones, estos cuatro últimos rasgos pudiesen presentarse en absorción de forma anormal. Actualmente, se tienen evidencias que dichos rasgos son originados fuera de la fotosfera estelar, por lo que se les denomina rasgos no-fotosféricos^[42] .

La determinación del tipo espectral puede verse también afectada en ciertos casos por el fenómeno conocido como velamiento. Dicho fenómeno se manifiesta en la reducción del rasgo de absorción debido a la adición de radiación generada fuera de la fotosfera estelar (ej. en choques de acreción). En algunas estrellas la contribución no fotosférica es tal que es prácticamente imposible caracterizar la fotósfera estelar y su espectro muestra mayormente líneas en emisión (ej. la estrella MWC137)^[42].

¹Por sus siglas en inglés IR: Infrared

1. INTRODUCCIÓN

1.2.2.2 Rasgos preponderantes en el infrarrojo

Además de la emisión en H α , hoy día se conoce ampliamente la existencia de exceso infrarrojo respecto a la fotósfera, como un rasgo común en todas las estrellas HAeBe, debido a la reirradiación térmica del polvo localizado en el disco circunestelar [17,29,43,47,71,73,113].

Hacia la región del cercano infrarrojo (NIR¹), a aproximadamente 3 μm , la mayoría de ellas presentan un realce o “abultamiento” en su distribución espectral de energía (SED²) generalmente atribuido a la contribución de una “pared” ópticamente gruesa calentada directamente por la estrella a la distancia del radio de destrucción de polvo [19,20,72,82,83,84]. Otro rasgo algunas veces observado a 10 μm , lo constituye la emisión que presentan los silicatos, cuyos granos de polvo de proporciones de una micra poseen altas opacidades a longitudes de ondas ópticas e infrarrojas y por lo tanto son los principales absorbentes de la radiación estelar cuando están presentes. Para granos de proporciones mayores las opacidades son menores a longitudes de ondas ópticas e infrarrojas y mayores a longitudes de onda más larga contribuyendo fuertemente en el rango milimétrico [25].

1.2.2.3 Otros rangos: ultravioleta y rayos X.

Imhoff^[49] reporta una correlación entre el perfil de la línea del Mg II en el ultravioleta (UV) y el exceso IR. Todas las estrellas en su muestra con fuerte exceso en el NIR mostraron en la línea del Mg II patrones tipo P Cyg (indicadores de vientos) o perfiles de doble pico (vientos o discos), mientras aquellos con poco exceso IR presentaron dicha línea en absorción^[116].

En cuanto a la emisión en rayos X, diversas observaciones^[35,102] han detectado emisiones asociadas a estrellas HAeBe. El origen de estas emisiones, ha sido más difícil de explicar que el de las estrellas T-Tauris (TTs³)^[36]. Generalmente, el proceso de emisión en TTs se relaciona a contribuciones de lazos coronales de tipo solar en la banda de 1-10 keV^[28], mientras en algunas proto-estrellas activas, se piensa que estructuras magnéticas más grandes pudieran conectar la fotósfera estelar con el disco de acreción circunestelar^[28,81]. Estudios que han utilizado el Proyecto Ultra Profundo

¹Por sus siglas en inglés NIR: Near-Infrared

²Por sus siglas en inglés SED: Spectral Energy Distribution

³ Por sus siglas en inglés TTs: T-Tauri Stars

Orion Chandra (COUP¹) y la búsqueda extendida XMM-Newton de la Nube Molecular de Tauro (XEST²)^[34], han demostrado que los rayos X en TTS se deben principalmente a la emisión coronal y no a emisiones por acreción las cuales solo tienen un efecto menor en el régimen suave <1 keV^[34,89]. Hamidouche et al.^[36], descartan que la emisión en HAeBe se deba a una actividad magnética vía emisión coronal, así como también, que sea (con un 80% de confiabilidad) debido a una estrella compañera de tipo tardío no resuelta. En general, se sugiere que los escenarios plausibles para su existencia involucran un campo magnético remanente después del colapso, así como también la interacción magnética estrella-disco.

1.2.3 Evolución

Tomando en consideración el tiempo como parámetro esencial en la evolución de un disco, es bien conocido que el tiempo característico de disipación para estrellas en el rango de masas de las TTS es alrededor de 5 Maños^[12,16,44,45,123]. En el caso de las estrellas de masa intermedia HAeBe, se han reportado lapsos de tiempo menores a 2.5 Maños^[43,77], en consistencia con el hecho observacional de que en estrellas más masivas los procesos de disipación del disco son más eficientes^[45].

Ahora bien, si consideramos el camino evolutivo de las estrellas PMS, para aquellas con masas mayores a $2 M_{\odot}$, es de esperarse que sigan caminos radiativos una vez que la contracción cuasiestática se haya detenido. Las estrellas PMS con masas superiores a $10 M_{\odot}$, se considera que pasan toda su etapa de PMS como objetos altamente oscurecidos.

En base a las razones expuestas, aunadas al hecho de que las estrellas masivas son intrínsecamente más escasas, se hacen necesarias revisiones a gran escala para mejorar la estadística de estas estrellas. De este modo se puede obtener evidencia de fases iniciales, transicionales, o bien fases avanzadas en la evolución de estos objetos hacia potenciales sistemas planetarios y un mejor entendimiento de los escenarios de formación estelar bajo este régimen de masa.

¹Por sus siglas en inglés COUP: Chandra Orion Ultradeep Project

²Por sus siglas en inglés XEST: XMM-Newton Extended Survey of the Taurus Molecular Cloud

1. INTRODUCCIÓN

1.2.4 Estructura general del disco circunestelar

Aunque la existencia de discos circunestelares alrededor de estrellas de alta masa es un tema aún muy debatido, la presencia de una estructura en forma de disco en torno a estrellas TTS, enanas marrones y estrellas HAeBe, actualmente se encuentra firmemente establecida^[21]. El indicador de la presencia de disco, o al menos algún material circunestelar, es el flujo infrarrojo en exceso de lo que pudiese explicarse por la contribución de una fotósfera estelar. En las estrellas HAeBe, el abultamiento a 3μ característico en su SED fue explicado naturalmente por Natta et al.^[84] y Dullemond et al.^[20] como proveniente del borde interior del disco, el cual es frontalmente iluminado y donde el polvo del disco alcanza temperaturas suficientes para sublimarse ($T \sim [1000-2000] \text{ K}$).

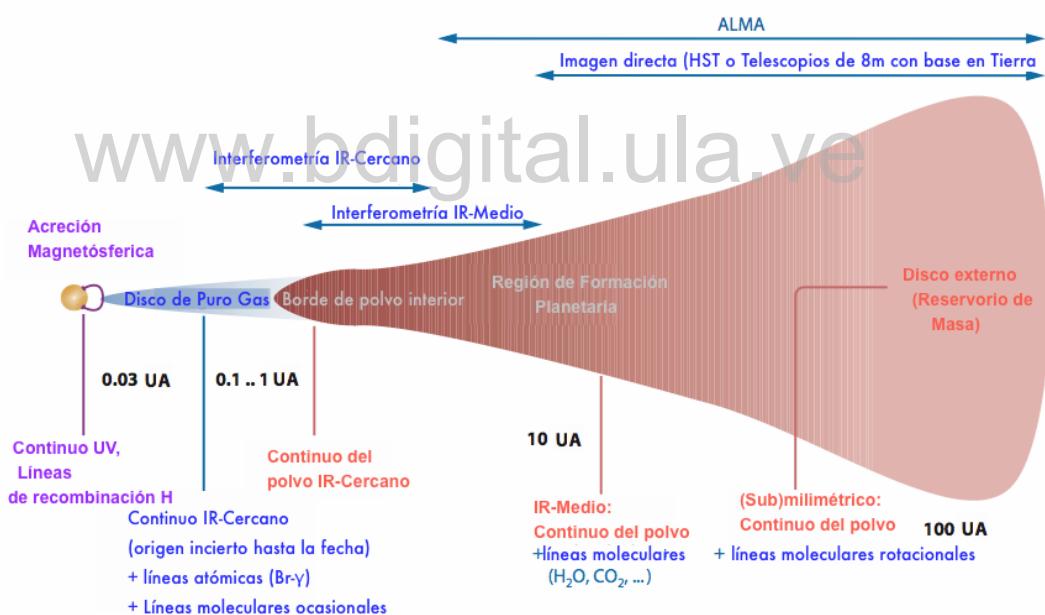
Una importante diferencia de las HAeBe al compararles con las TTS, es que las altas luminosidades de las primeras implican mayores radios de destrucción de polvo, del orden de $[0.3-1] \text{ UA}^1$, como lo verificado mediante interferometría del NIR^[22,23,78,79,80]. Se ha argumentado que este borde interior o “pared”, puede estar más ensanchada verticalmente debido a que está más caliente que el disco detrás de ella, haciendo muy probable que tenga una escala vertical de altura mucho mayor^[21].

La falta de correlación entre el flujo del infrarrojo cercano y la inclinación del disco, no parece favorecer el modelo de una pared perfectamente vertical, en este sentido, Isella y Natta^[51] y Tannirkulam, Harries y Monnier^[105] dan argumentos pausibles a favor de un modelo en el que dicha pared se encuentra “redondeada”. La región desde la estrella hacia esa pared, conforma un disco interior y se considera una región provista de gas ópticamente delgado^[83], que es capaz de permitir la iluminación efectiva de la pared por la estrella central. La figura 1.1 muestra el diagrama general de la estructura de un disco así como también sus escalas espaciales.

Por otra parte, mientras nos alejamos a radios mayores en el disco, se espera que exista una región sombreada por dicha pared, donde los mecanismos de calentamiento dominante probables sean la dispersión de fotones desde la pared y la difusión radial de calor^[106]. Esta región sombreada corresponde a la región de formación planetaria en discos circunestelares. En caso de haber suficiente polvo en el disco exterior, el disco eventualmente sobresaldrá de la sombra y se acampanará. El disco acampanado

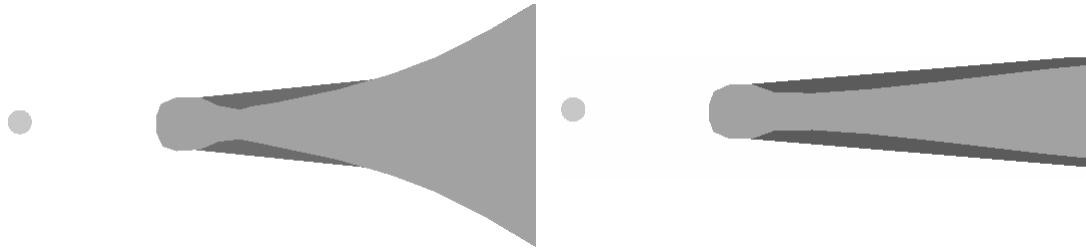
¹ 1 UA = Distancia media Tierra-Sol = $149.597.870.700$ metros^[50]

Figura 1.1: Diagrama esquemático de la estructura del disco y sus escalas espaciales tomado de Dullemond et al.^[21]. Nótese que la escala radial sobre el eje x no es lineal. En la parte superior del diagrama se señala las técnicas que pueden resolver espacialmente tales escalas. En la parte inferior del diagrama se indica el tipo de emisión proveniente según la parte del disco involucrada.



1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.2: Representación gráfica de las dos geometrías para el disco según Dullemond et al. 2004^[19]. Panel izquierdo: Disco acampanado. Panel derecho: Disco sombreado por sí mismo.



podrá medir unos pocos cientos de UA y emite radiación en infrarrojo medio y lejano^[106]. Dullemond y Dominik^[19], trabajando con modelos en equilibrio radiativos e hidrostático vertical, sugirieron que dependiendo de la estructura del borde interior y de las propiedades del disco, la superficie del disco exterior podría asumir dos geometrías: (i) Disco acampanado, donde el disco emerge de la sombra. (ii) Disco sombreado por la pared, donde el disco no llega a salir de la sombra (ver figura 1.2).

1.3 Tipología de discos protoplanetarios en HAeBe

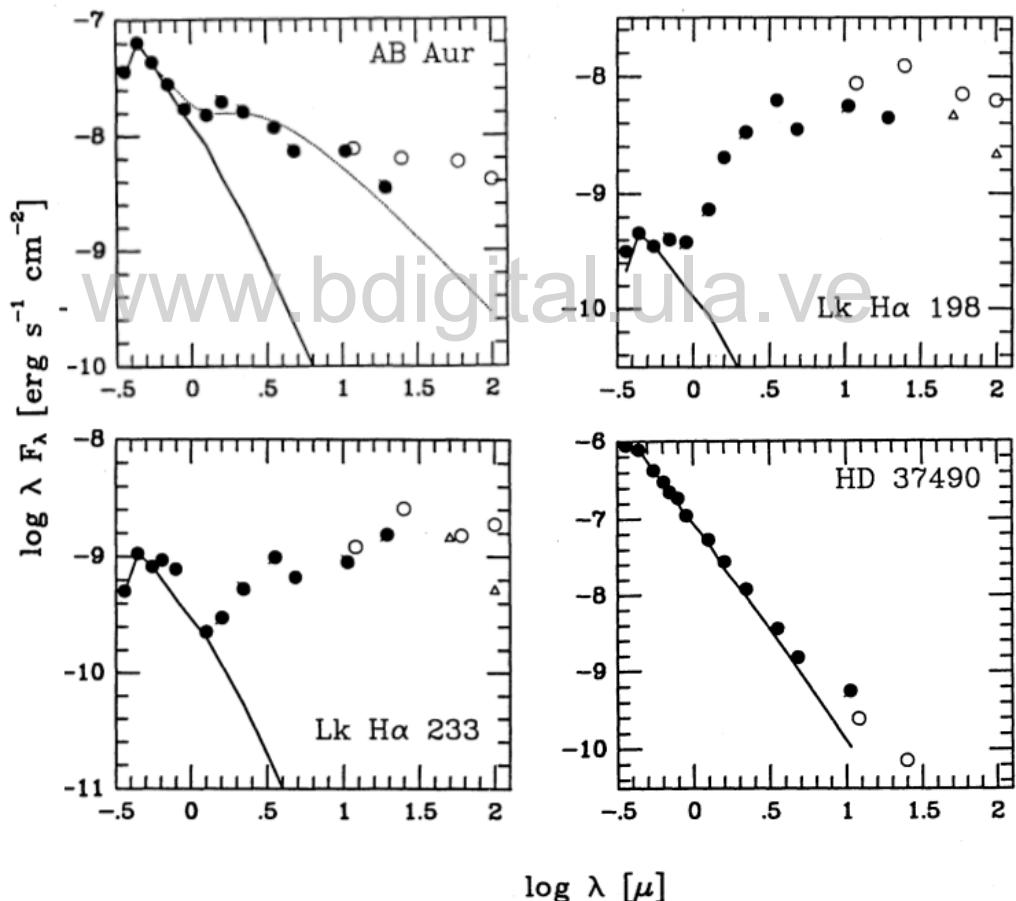
El estudio de las formas de las distribuciones espectrales de energía (SEDs¹), sus pendientes espectrales y los diagramas color-color en las bandas del infrarrojo cercano y lejano han sido usualmente utilizados en la comparación de las diversas fases evolutivas de un objeto estelar. Entre las clasificaciones destacan la de Hillenbrand et al.^[47], Meeus et al.^[76] y la de Sartori et al.^[95].

Hillenbrand et al.^[47], propone una clasificación de las SEDs en 3 tres grupos: I) objetos que tienen excesos infrarrojos grandes con una pendiente espectral representada por $\lambda F_\lambda \sim \lambda^{-4/3}$ a longitudes de onda de $\lambda \gtrsim 2,2 \mu\text{m}$ (64% de su muestra), con SEDs bien reproducidas mediante el modelo de disco plano circunestelar, II) objetos que poseen grandes excesos infrarrojos (23% de su muestra) y espectro plano o en aumento hacia $100 \mu\text{m}$ y III) aquellos que tienen excesos infrarrojos pequeños. Ejemplos de dichos grupos se muestran en figura 1.3.

¹Denotando el plural de SED

1.3 Tipología de discos protoplanetarios en HAeBe

Figura 1.3: Distribuciones espectrales de energía $0.30\text{-}100\mu\text{m}$ corregidas por enrojecimiento representando la clasificación de Hillenbrand^[47]. Círculos sólidos son observaciones desde tierra; círculos abiertos representan puntos de fotometría de IRAS de “amplia apertura” (o large beam, en inglés); triángulos son datos KAO¹. La línea sólida es la SED adecuada para una estrella estandar del respectivo tipo espectral. *Panel superior izquierdo:* ejemplo de objeto del grupo I caracterizados por grandes excesos infrarrojos cuya SED puede modelarse con una estrella central rodeada de un disco de acreción ópticamente grueso. *Panel superior derecho e inferior izquierdo:* ejemplo de objeto del grupo II, con grandes excesos infrarrojos cuyas SEDs son planas o en aumento hacia longitudes de onda lejana. *Panel inferior derecho:* ejemplo de objeto del grupo III con exceso infrarrojo muy pequeño.^[47]

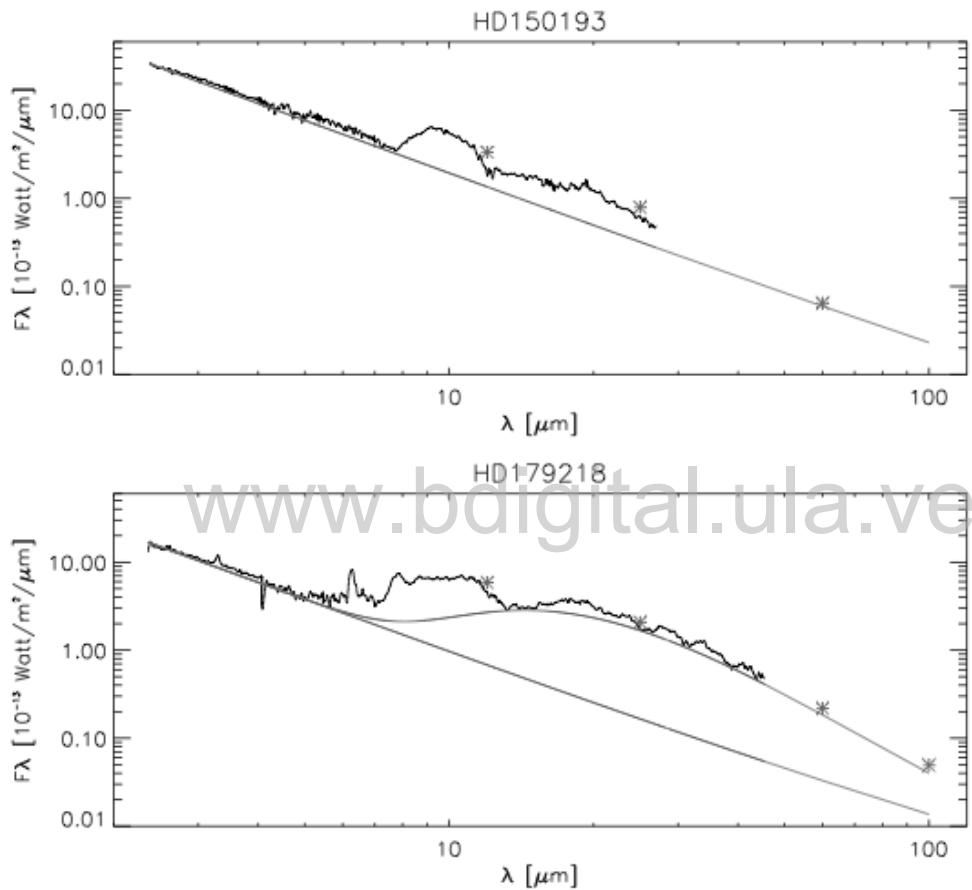


Meeus *et al.*^[76], por otra parte, propone una clasificación mediante dos grupos: I) aquellos poseedores de un exceso infrarrojo grande hacia el infrarrojo medio y un

¹Por sus siglas en inglés KAO: Kuiper Airborne Observatory

1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.4: Distribuciones espectrales de energía representando la clasificación de Meeus^[76]. *Panel superior:* Ejemplo de objeto grupo II. *Panel inferior:* Ejemplo de objeto grupo I. *Línea negra:* espectro del SWS¹. *Línea recta:* ley de potencia del continuo. *Línea curva:* suma de la ley de potencia y ajuste de cuerpo negro ($T = 190$ K). *Asteriscos:* flujos de colores IRAS corregidos.^[76]



continuo reproducible por una función de radiación de cuerpo negro y una ley de potencia, $\lambda F_\lambda \sim \lambda^{-1.3}$, correspondiente a un disco interior ópticamente delgado rodeado por un disco acampanado y II) aquellas fuentes que requieren solo una ley de potencia para reproducir el continuo, cuyas SEDs pueden explicarse mediante un modelo disco ópticamente grueso que es capaz de apantallar las partes exteriores del mismo de la incidencia directa de radiación estelar (ver figura 1.4).

¹Por sus siglas en inglés SWS: Short Wavelength Spectrometer

1.4 El catálogo infrarrojo WISE

Sartori et al.^[95], adopta una clasificación de las SEDs basado en el índice espectral β ^[111]. Dicho índice espectral, relacionado con la cantidad de exceso IR, permite clasificar a las HAeBe en 3 grupos. Los objetos del grupo 1 (con $\beta > 0$) tienen emisiones de infrarrojo lejano mayores que las emisiones en el óptico, mientras que el grupo 2 ($-1 < \beta < 0$) muestran emisiones infrarrojo lejano correspondientes a valores intermedios de excesos y los del grupo 3 (con $\beta < -1$) con emisiones en el infrarrojo lejano mucho menores a la emisión en el óptico. El planteamiento de estos 3 grupos sigue el escenario evolutivo para las HAeBe, sugerido por Malfait et al.^[73], y de forma similar al de las TTS sugerido por Lada^[64]. En este escenario, el grupo 1 corresponde a objetos embebidos, tales como la estrella R CrA, el grupo 3 representan estrellas con discos de polvo más evolucionados como Vega y el grupo 2 son estrellas entre estas dos categorías extremas, con SEDs consistentes con estrellas HAeBe (ver figura 1.5).

Una comparación entre esta última clasificación y las previas, permite establecer las siguientes relaciones. El grupo 1 de Sartori, muestra similitud al grupo II de Hillenbrand, en donde sus SEDs muestran un incremento en la región del infrarrojo medio al lejano. Una comparación de las temperaturas efectivas y el exceso de color (V-[12]) evidencian que el grupo II de Hillenbrand contiene principalmente estrellas Ae y estrellas Be tipo tardías, con los más altos valores de exceso de color. Cabe destacar que este tipo de SEDs no fue considerada por Meuss en su clasificación^[95].

El grupo 2 de Sartori^[95] es similar al grupo I de Hillenbrand^[47] y Meeus^[76], en el cual se encuentran la mayoría de las HAeBe. Corresponde al grupo de objetos con SEDs aplazadas en el infrarrojo cercano cuyo exceso infrarrojo sigue la ley de potencia con pendiente ~ -1.3 . Finalmente, el grupo 3 de Sartori, tiene SEDs comparables al grupo II de Meeus^[76] y al grupo III de Hillenbrand^[47], con objetos similares a las estrellas clásicas Be, exhibiendo los valores más bajos de exceso infrarrojo (ver figura 1.6).

1.4 El catálogo infrarrojo WISE

Esta investigación hace uso de los datos del Telescopio Espacial de Amplio Campo en Infrarrojo, conocido como WISE^[122]. Dicho instrumento fue diseñado para sondear el cielo en cuatro longitudes de onda en el infrarrojo: 3.4, 4.6, 12, y 22 μm (denotadas W1, W2, W3 y W4 respectivamente) con una resolución angular de 6.1'', 6.4'', 6.5'' y 12.0''. Las sensibilidades que alcanza WISE en las distintas bandas son respectivamente

1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.5: Distribuciones espectrales de energía representando clasificación de Sartori^[95]. Puntos: 1) fotometría UBV(RI)c del sondeo PDS, 2) datos en infrarrojo cercano y lejano extraídos de 2MASS e IRAS 3) datos en infrarrojo medio tomados del catalogue MSX a $8.28\ \mu\text{m}$ cuando la disponibilidad lo permite. Línea segmentada: ajustes de la SED. Panel superior izquierdo y derecho: ejemplo de objeto del grupo 1. Panel inferior izquierdo: ejemplo de objeto del grupo 2. Panel inferior derecho: ejemplo de objeto del grupo 3.^[95]

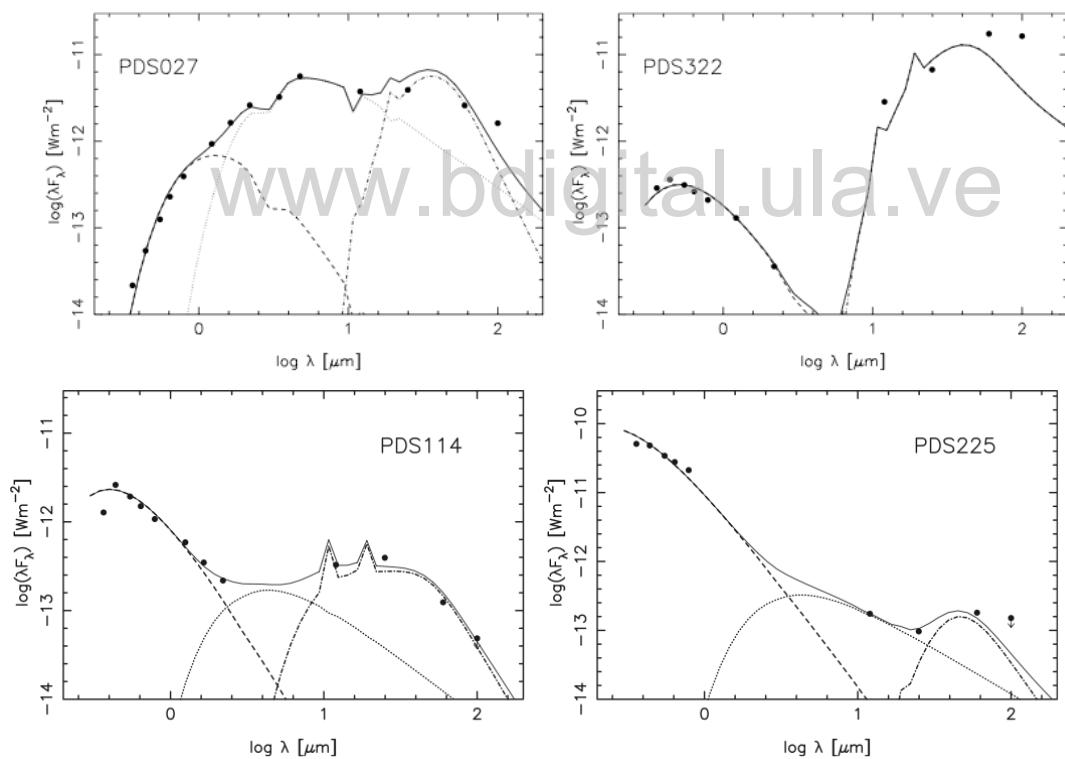
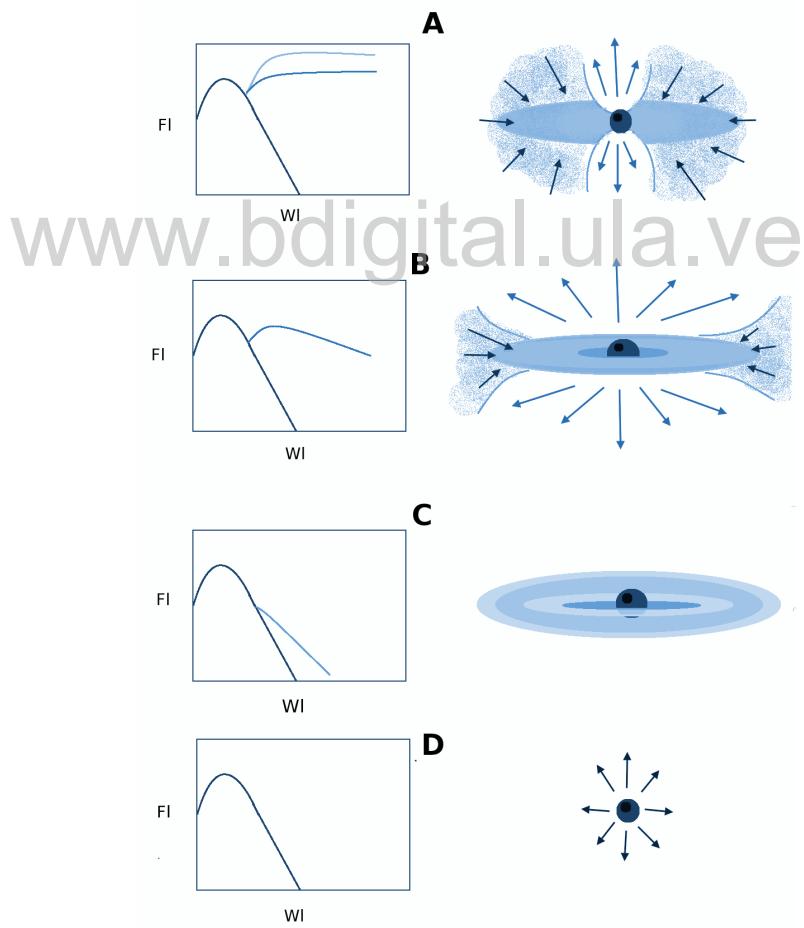


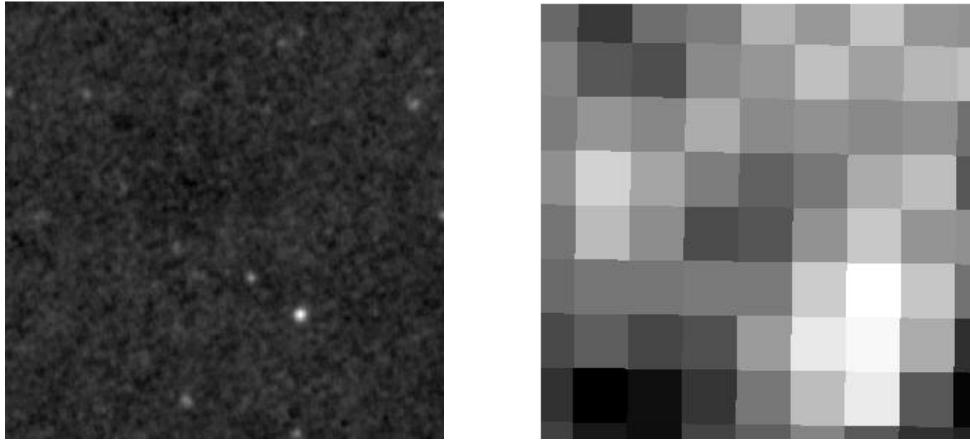
Figura 1.6: Diagrama resumen de los tipos de discos en función de sus SEDs.

Puntos: A) Grupo II Hillebrand o grupo 1 de Sartori: SEDs asociadas a grandes excesos IR, crecientes o aplanadas de contribuciones de posibles sistemas disco-estrella más material circumestelar de nube primordial, B) Grupo I Hillebrand, grupo 2 de Sartori o grupo I de Meuss: SEDs asociadas a excesos IR moderados debido a contribuciones de sistema disco-estrella principalmente, C) Grupo III de Hillebrand, grupo 3 de sartori o grupo II de Meuss: SEDs asociadas a excesos IR bajos debido a discos desgastados o discos de escombros, D) SED asociada a la contribución fotosférica en una estrella desprovista de disco.



1. INTRODUCCIÓN

Figura 1.7: Campo WISE vs. IRAS. Dos imágenes de la misma región ($0.2^\circ \times 0.2^\circ$ a RA=2h 40m, Dec=20). Izquierda: Imagen de WISE en la banda de $12\text{ }\mu\text{m}$, resolución: $6.5''$, sensibilidad: $650\text{ }\mu\text{Jy}$. Derecha: Imagen de IRAS en la banda de $12\text{ }\mu\text{m}$ (a partir del sondeo IRIS¹), resolución: $30''$, sensibilidad: 0.7 Jy .^[75]



0.08, 0.11, 1 y 6 mJy en regiones no confusas de la eclíptica y mejora hacia los polos eclípticos debido a una mayor cobertura y más bajo fondo zodiacal. Entre las misiones previas a WISE destacan: AKARI² e IRAS³. La misión AKARI contó con un sondeo a $9\text{ }\mu\text{m}$ y $18\text{ }\mu\text{m}$ (sensibilidades de 50 mJy y 100 mJy respectivamente) y con una mejor resolución espacial de $30\text{-}40''$ respecto a la de IRAS con $1\text{-}2'$ ^[32], sin embargo, es entre IRAS y WISE que se puede establecer una comparación directa al contar con un sondeo en la misma banda a $12\text{ }\mu\text{m}$. En este sentido, se puede afirmar que WISE es del orden de 100 veces más sensible respecto a IRAS^[85] en dicha banda (ver figura 1.7).

En consideración a sus dos bandas en el infrarrojo medio: 3.4 y $4.6\text{ }\mu\text{m}$, el único sondeo de todo el cielo con el que puede ser comparado en dichas bandas es el Experimento del Fondo Infrarrojo Difuso, DIRBE⁴ sobre el satélite COBE, con una resolución de 0.7° . A partir de los datos del DIRBE, el flujo límite en dichas bandas es de 60 a 70 Jy, por lo que se destaca que WISE, puede alcanzar sensibilidades 50000 veces superiores a las de DIRBE^[122].

Actualmente WISE representa el sondeo de todo el cielo en infrarrojo más sensible y con mayor poder de resolución espacial. Por esa virtud, son muchas las áreas de

²AKARI: también conocido como ASTRO-F

³Por sus siglas en inglés IRAS: InfraRed Astronomical Satellite

⁴DIRBE: Diffuse InfraRed Background Experiment

¹IRIS: Improved Reprocessing of the IRAS Survey

1.4 El catálogo infrarrojo WISE

astronomía para las cuales pueden emplearse los datos de WISE: enanas marrones, galaxias infrarrojas ultraluminosas, núcleos activos de galaxias rojos/con polvo, cuásares, asteroides, trazas de cometas, banda zodiacal, polvo interestelar, estrellas jóvenes, discos circunestelares, estructura galáctica, galaxias cercanas y cúmulos de galaxias, entre otras.^[122]

Del mismo modo, WISE provee una base de datos amplia para el estudio de la formación y evolución estelar, de la evolución de los discos y la disipación de las nubes en torno a estrellas de todas las masas, extendiéndose además hacia el régimen de masa de la enanas marrones. Atendiendo nuestro caso particular de las estrellas HAeBe, los límites de WISE permiten lograr (sin considerar extinción) detecciones de excesos infrarrojos producidos en discos circunestelares en torno a estrellas más masivas que G1 hasta una distancia de 500 pc. Del mismo modo, al tratarse de un sondeo de todo el cielo, WISE ofrece la oportunidad de cubrir áreas del cielo a gran escala, las cuales serían imposibles de alcanzar con misiones como Spitzer, abriendo la posibilidad de revelar estrellas jóvenes aisladas que se encuentren en las afueras de regiones de formación evidentes o bien indicando regiones en torno a estrellas HAeBe en las que pudiesen existir poblaciones adicionales de estrellas de menor masa (ej. cúmulo 25 Ori, el cual posee una estrella HAeBe: V346 Ori^[7]).

1. INTRODUCCIÓN

www.bdigital.ula.ve

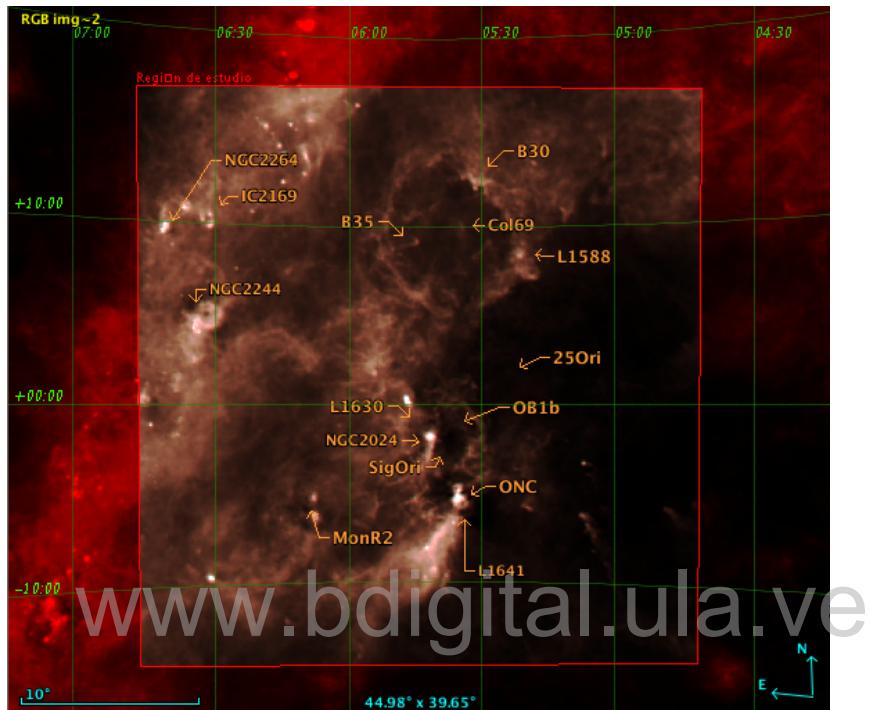
Capítulo 2

Selección y observación de la muestra

La gigante nube molecular de Orión, lo conforma un vasto sistema de nubes moleculares, ricas en asociaciones y cúmulos estelares jóvenes, bajo la influencia de diversas condiciones ambientales particulares. En este sentido, es un complejo que alberga información no solo de las etapas previas, iniciales y futuras en la formación y evolución de una estrella, sino además, de la evolución de la misma nube molecular y de la eficiencia de la formación estelar galáctica. Su relativa proximidad (400-500 pc) le confiere el privilegio de ser una de las más cercanas, lo que aunado al gran rango de masas, estatus evolucionario, propiedades de los discos protoplanetarios, entre otros, le han dado el atractivo para la realización de numerosas observaciones y revisiones astronómicas a una alta resolución espacial. La búsqueda de estrellas de masa intermedia con discos protoplanetarios presenta dificultades inherentes al tipo de estrella: a) el hecho de ser más masivas las hace intrínsecamente más escasas, b) encontrarlas con discos protoplanetarios, es aún más difícil, debido a que los procesos de disipación de disco suelen ser más eficientes mientras más masiva sea ésta. La región estudiada incluye principalmente 2 asociaciones estelares, Orión OB1 la cual incluye grupos jóvenes y regiones de formación estelar en el cinturón y espada de Orión, y la asociación OB de λ Ori, la cual está localizada en la cabeza de Orión y caracterizada por un anillo de 10 grados de diámetro centrado en el cúmulo estelar Collinder 69, también denominado cúmulo λ Orionis. Nuestra región también incluye parte del complejo de formación estelar en Monoceros. A continuación se describirá el procedimiento de selección de la muestra

2. SELECCIÓN Y OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

Figura 2.1: Mapa de polvo SFD^[97] de la región de estudio en Orión indicando algunas zonas de formación estelar relevantes. Área definida por $70^\circ < RA < 102^\circ$ y $-15^\circ < DEC < +18^\circ$



en esta contribución.

2.1 Selección fotométrica de estrellas candidatas

Con la intención de escudriñar a gran escala el sistema de Orión, en nuestra investigación se ha definido como región de estudio el área enmarcada entre las siguientes coordenadas: $70^\circ < RA < 102^\circ$ y $-15^\circ < DEC < +18^\circ$, la cual puede apreciarse en la figura 2.1 en un mapa de distribución de polvo ($\lambda = 100 \mu\text{m}$) de Schlegel, Finkbeiner y Davis^[97] (o mapa SFD).

Extendiendo un poco más el rango en tipopectral referido inicialmente por Herbig, para incluir al tipo F (como lo sugieren The+1994^[107] y Vieira +2003^[116]), se establece la selección de estrellas más tempranas que G0. Para definir una línea de referencia de la secuencia principal de estrellas de edad cero o ZAMS¹ para estrellas en el rango de

¹Por sus siglas en inglés ZAMS: Zero Age Main Sequence

2.1 Selección fotométrica de estrellas candidatas

masa intermedia, nos basamos en los modelos de Siess y Forestini^[98], utilizando una metalicidad $Z = 0.02$. Las relaciones entre sus magnitudes absolutas (M_x) y aparentes (m_x) se establecen a través de la ecuación del módulo de distancia:

$$M_x = m_x - 5\log(d/10) + A_x \quad (2.1)$$

asumiendo una distancia típica de 500 pc para la región de estudio. Por ello, haciendo uso del catálogo 2MASS, estrellas dentro del rango espectral y a la distancia deseada (o más cercanas) satisfacen la condición fotométrica $J \leq 12$ y un A_v máximo de 2 mag¹. Con la finalidad de rechazar estrellas del fondo del cielo se exige como primer criterio de selección estrellas que estén por encima de la ZAMS en el diagrama color-magnitud (DCM) J-K vs. J, tal y como se puede apreciar en la figura 2.2. La interpolación de la ZAMS se realizó mediante un polinomio de sexto orden. Como criterio básico de calidad complementario para esta muestra inicial se exige que el error para las bandas J, H y K sea menor a 1 mag.

Como segundo criterio de selección, se buscan estrellas que posean exceso a 12 μm . Para ello elegimos los filtros K y W3, recordando que la longitud de onda efectiva de W3 de WISE es 12 μm . De esta forma, una revisión en un histograma color-magnitud K-[12 μm] vs. J, en el cual se separó la muestra en intervalos de J para definir la región fostosférica en función del centro de una distribución Gaussiana (C) en cada intervalo y su respectivo sigma (S). La línea roja demarca el límite para dicha región, diseñada con un ajuste polinómico de 3er orden sobre los puntos C+3S (ver figura 2.3), por lo cual, estrellas con exceso quedan definidas por aquellas con colores K-[12 μm] superiores a este límite.

Las estrellas que superan los dos criterios iniciales, se someten a un tercer criterio de selección general. Éste se establece a partir de un diagrama color-color (DCC) 2MASS J-H vs. H-K, en el que se efectua una serie de cortes, con la finalidad de separar nuestra muestra en tres grupos de estrellas candidatas a: 1) estrellas HAeBe, 2) estrellas de masa intermedia con discos en transición (TD²) o discos de escombros (DD³) 3) estrellas de tipo tardío (LT⁴), tal y como se muestra en la figura 2.4. Para la

¹ $A_J = 0.288 * A_v$, Cardelli, Clayton y Mathis, 1989

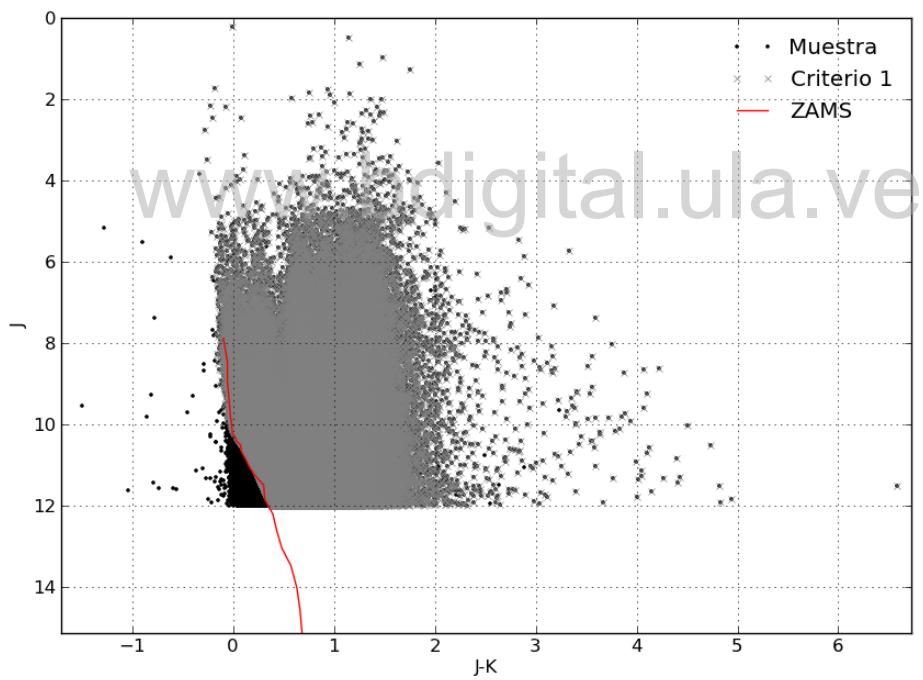
² Por sus siglas en inglés TD= Transitional disk

³ DD= Debris disk

⁴ LT= Late Type

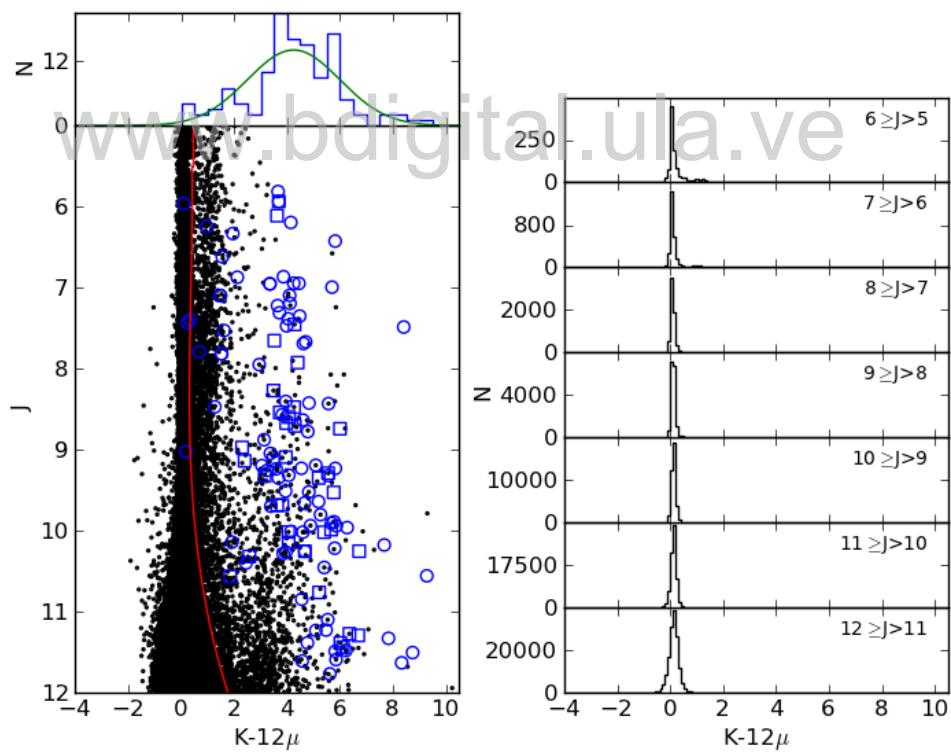
2. SELECCIÓN Y OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

Figura 2.2: Diagrama color magnitud J-K vs. J. Selección de estrellas por encima de la ZAMS. *Cruces*: estrellas que satisfacen la condición de estar por encima de la ZAMS de Siess y Forestini (línea roja). *Puntos negros*: estrellas del fondo del cielo que no cumplen criterio 1.



2.1 Selección fotométrica de estrellas candidatas

Figura 2.3: Selección de estrellas con exceso en $12 \mu\text{m}$ en el diagrama color-magnitud K-12 vs. J.. *Panel izquierdo:* Se representan en azul los colores K-12 μm en de estrellas catalogadas como HAeBe en Hernández et al. 2004^[42] (cuadrados) y Vieira et al.^[116] (círculos) en contraste con los de la muestra (puntos negros). *Panel derecho:* presenta la distribución de la muestra por intervalos de 1 mag en J. La línea roja demarca la región fotosférica, diseñada con un ajuste de un polinomio de 3er orden sobre los puntos C+3S, donde C define el centro y S la desviación estándar del ajuste gaussiano para la distribución de cada intervalo. En el régimen de saturación de la banda J, se usó el límite fotosférico definido por el intervalo más brillante.



2. SELECCIÓN Y OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

definición del grupo candidatas a HAeBe, se consideró el locus (rectángulo segmentado) para estrellas HAeBe reportado en el trabajo de Hernández, 2005^[43], como región de principal interés para la detección de potenciales HAeBe. Para evitar rechazar candidatas que estuviesen enrojecidas, y por ende, desplazadas de su respectivo locus, se estableció como candidatas a HAeBe aquellas estrellas que se encuentren por debajo de la línea de enrojecimiento que atraviesa el vértice superior izquierdo del locus HAeBe. Esta recta coincide con la línea de enrojecimiento de una estrella B0 de la secuencia principal (Bessell Brett, 1988^[4]). A esta selección la llamaremos *corte HAeBe-2MASS*. En el caso de los grupos restantes, un corte en el color $J-H=0.53$, correspondiente al color observado de una estrella G0 asumiendo un Av máximo de 2 mag, es el que divide las estrellas que yacen por encima de la línea de enrojecimiento en los dos siguientes grupos. Las candidatas a TD/DD se definen como aquellas que yacen a colores $J-H \leq 0.53$, mientras que las candidatas LT son aquellas que yacen a colores $J-H > 0.53$. A éstas selecciones las llamaremos *corte TD/DD-2MASS* y *corte LT-2MASS* según sea el caso.

Los resultados de esta selección totalizan un número de 674 estrellas candidatas a HAeBe, 810 candidatas a TD/DD y 2495 candidatas a LT. La tabla 2.1, nos muestra un extracto de los resultados para el caso HAeBe. El orden general de sus columnas contempla el número de línea, las coordenadas celestes en el sistema J2000, el identificador de 2MASS, magnitud aparente en la banda J de 2MASS, color $K-12\mu m$, el estatus en la base de datos SIMBAD^[118] en función del: identificador SIMBAD, tipo de objeto estelar, tipo espectral registrado, el número de referencias asociadas desde 1850 a febrero 2017 y por último, una etiqueta de identificación preliminar fotométrica Phot_Pre-Id. La justificación y derivación de esta etiqueta, es objeto del capítulo 3. Por razones de la extensa longitud de la tabla, la versión completa se presenta en **Apéndice A - Tabla A.1**. Una imagen de la distribución espacial de las 674 candidatas a HAeBe se muestra en la figura del **Apéndice A.1**. En cuanto a los casos TD/DD y LT, se reserva su presentación en esta publicación, ya que forman parte de trabajos complementarios en desarrollo.

Con finalidad de reducir y precisar más nuestra selección de candidatas HAeBe, se contrastaron con los respectivos colores $K-[12 \mu m]$ vs J de estrellas HAeBe seleccionadas de los catálogos de Hernández 2004^[116] y Vieira et al.^[42], tal y como se muestra en la figura 2.3. El resultado arrojó que ~90% de las HAeBe poseen excesos $K-[12 \mu m]$

2.2 Observaciones espectroscópicas

≥ 2 , razón por la cual, se eligieron las estrellas que cumplieran con esta condición, obteniéndose un total de 444 de las 674 candidatas. Éstas conforman las primeras 444 estrellas de la **Tabla A.1** y lo que llamaremos nuestro grupo reducido de candidatas HAeBe.

La aplicación de nuestro esquema de selección fotométrica inicial sobre una compilación reciente de estrellas HAeBe (Hernández, Villarreal et al. 2018 *en preparación*, denotado por HER18) permitió determinar que de 58 estrellas HAeBe conocidas en la región de estudio, 55 superan pruebas básica de calidad y de exceso infrarrojo, y de éstas se verifica que 52 están en corte *HAeBe-2MASS* y 3 en corte *TD/DD-2MASS*. En este sentido la correlación cruzada de las 674 estrellas con estas 52 estrellas del corte HAeBe, permitió notar que nuestra selección recupera 51 de estrellas HAeBe conocidas (es decir, $\sim 98\%$ respecto al corte o bien, $\sim 88\%$ respecto a la región de estudio).

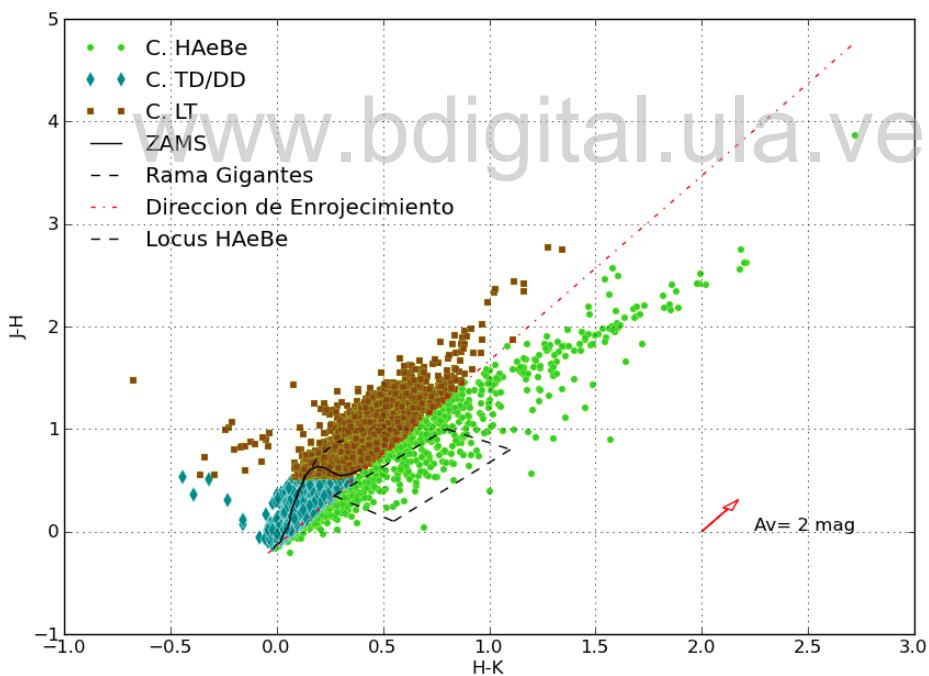
2.2 Observaciones espectroscópicas

Se emprendió un seguimiento espectroscópico óptico de todos los grupos de candidatas, haciendo uso de diversos espectrógrafos de baja resolución, con características de rango de cobertura y resolución similar, cuyos especificaciones se reseñan en la tabla 2.2. Cabe destacar que la espectroscopía óptica de baja resolución permite identificar y caracterizar estrellas jóvenes mediante indicadores como la línea de H_{α} en fuerte emisión, los rasgos débiles sensibles a la gravedad superficial y a la presencia de Litio en absorción ($W_{\lambda} > 0.1 \text{ \AA}$). Es conocido que este último indicador de juventud es determinante para la identificación de estrellas PMS más tardías que K5, sin embargo, para estrellas más tempranas solo es indicativo de que se trata de estrellas que no están en un etapa post secuencia principal^[42]. La razón de esto radica, en que en estas estrellas la poco profundidad de sus zonas convectivas les permite alcanzar la secuencia principal todavía con una cantidad significativa de su contenido de Li primordial^[8].

Centrando nuestro mayor interés en el grupo reducido de candidatas HAeBe, se establece como grupo prioritario aquellas estrellas con correspondencia en el óptico, por ello, se hizo uso del catálogo óptico de Kharchenko 2009^[59] (KHAR09), una compilación de algo más de 2.5 millones de estrellas de catálogos de alta precisión entre los que destaca estrellas de los catálogos astrométricos HIPPARCOS, TYCHO-2, PPM y CMC11 con una magnitud límite de $V \approx 14$ mag. No obstante, una revisión por separado

2. SELECCIÓN Y OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

Figura 2.4: Diagrama color-color J-H vs. H-K. Selección de grupos de estrellas candidatas *Círculos verdes*: representan las estrellas candidatas HAeBe. *Rombos cyan*: representan las estrellas candidatas TD o DD. *Cuadrados marrones*: representan las estrellas candidatas LT. *Rectángulo segmentado*: representa el locus HAeBe de acuerdo a Hernández 2005^[43]. *Línea roja punteada*: denota la dirección de enrojecimiento. *Línea negra continua*: demarca la ZAMS de acuerdo a Bessel y Brett (1988)^[4] y la segmentada: denota región típica ocupada por estrellas gigantes.



2.2 Observaciones espectroscópicas

Tabla 2.1: Estrellas candidatas a HAeBe - Selección fotométrica.

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12/ μ m	SIMBAD		Obj	Num.ref	Phot.PreId
						S.ID	SpT			
1	06:03:37.06	-14:53:02.60	06033705-1453025	9.941	5.8569994	TYC 5361-1651-2	~	*	1	1
2	05:54:39.99	-14:47:03.80	05543998-1447038	10.905	4.0870004	TYC 5360-1167-1	~	*	0	1
3	06:01:38.23	-14:43:49.10	06013823-1443490	10.965	3.9359999	2MASS J06013823-1443490	~	Y*?	1	h1
4	06:01:45.15	-14:13:33.80	06014515-1413337	11.698	2.6910005	2MASS J06014515-1413337	F6	pr*	3	h1
5	05:57:53.77	-14:05:25.30	05575377-1405252	11.082	3.3350005					h1
6	06:38:02.56	-13:56:31.90	06380255-1356320	9.309	2.229	IRAS 06357-1353	~	*	0	c3
7	05:57:20.58	-13:49:21.90	05572057-1349219	10.646	3.1389995	2MASS J05572057-1349219	~	Y*?	1	h1
8	06:28:17.43	-13:03:11.00	06281742-1303109	7.242	5.844	HD 45677	B2IV/V[e]	Be*	284	h1
9	05:27:28.22	-12:41:50.20	05272820-1241500	9.787	9.297	IC 418	O7fp	PN	961	4
10	05:55:37.05	-12:23:52.90	05553705-1223529	11.943	4.754					h1
11	06:40:28.63	-12:19:15.70	06402860-1219156	9.82	3.6369998	IRAS 06381-1216	~	*	0	c3
12	06:28:55.90	-11:51:00.00	06285588-1151000	5.001	2.0229998	V* OY CMa	S-*2e-MS	S*	11	h2
13	06:42:42.95	-11:39:25.10	06424294-1139250	9.648	4.4329996	IRAS 06403-1136	~	*	0	h1
14	06:10:07.63	-11:21:49.90	06100761-1121498	7.612	2.543	IRAS 06077-1121	~	*	0	h1
15	05:38:44.07	-11:14:11.10	05384406-1114111	10.008	3.704	IRAS 05363-1115	~	*	0	h1
16	06:24:57.78	-11:17:06.60	06245777-1117063	10.929	4.2590003	IRAS 06226-1115	~	*	0	c3
17	06:22:29.34	-11:05:04.60	06222933-1105047	11.093	3.262					h1
18	06:02:42.69	-10:47:35.40	06024268-1047353	9.494	2.8000002	IRAS 06003-1047	~	*	0	c3
19	06:31:31.57	-10:44:40.60	06313156-1044406	11.353	4.4869995	IRAS 06291-1042	~	*	0	c3
20	06:19:58.22	-10:38:14.90	06195821-1038146	6.577	5.704	HD 44179	B9Ib/II	pA*	656	h1
21	05:30:57.82	-10:26:34.90	05305780-1026349	11.664	3.737	IRAS 05286-1028	~	*	0	h1
22	05:53:42.55	-10:24:00.60	05534254-1024006	9.803	5.262	V* V1818 Ori	B7?	Or*	27	1
23	06:26:53.90	-10:15:34.90	06265390-1015349	10.019	4.595	2MASS J06265390-1015349	B0	TT*	13	h1
24	04:52:57.25	-10:01:58.80	04525726-1001588	8.639	4.751	V* EY Eri	M8	Mi*	12	h1
25	05:42:27.76	-10:01:51.20	05422776-1001512	10.239	4.212	2MASS J05422776-1001512	~	pr*	1	h1
26	06:02:14.89	-10:00:59.50	06021488-1000595	9.193	5.083	V* V791 Mon	B4	Ir*	23	h1
27	06:04:17.82	-10:03:34.90	06041782-1003349	11.094	4.0329995	2MASS J06041782-1003349	B7	pr*	1	h1
28	05:42:14.05	-09:56:19.60	05421410-0956201	11.237	3.8220005	2MASS J05421410-0956201	~	pr*	2	h1
29	05:42:35.84	-09:58:55.20	05423584-0958552	9.973	2.7590003	2MASS J05423584-0958552	~	pr*	5	h1
30	05:43:27.01	-09:59:37.60	05432701-0959375	10.984	4.161	V* V2760 Ori	K5	Or*	3	h1
31	06:26:55.30	-09:58:01.40	06265529-0958014	11.914	3.3650002	2MASS J06265529-0958014	~	*	1	h1
32	05:16:00.48	-09:48:35.40	05160047-0948353	9.256	3.25	V* V1366 Ori	B9.5V	EB*	129	h1
33	05:42:48.91	-09:50:12.20	05424891-0950122	10.784	2.9489994	2MASS J05424891-0950122	~	pr*	3	h1
34	05:59:50.90	-09:52:48.80	05595090-0952488	11.919	4.6080003	2MASS J05595090-0952488	~	TT*	1	h1
35	06:29:40.17	-09:53:46.30	06294017-0953463	11.458	3.9560003	2MASS J06294017-0953463	~	TT*	2	h1
36	05:40:11.77	-09:42:11.10	05401176-0942110	10.017	4.0470004	V* V350 Ori	A7V	Em*	58	h1
37	06:02:31.81	-09:46:51.10	06023181-0946510	11.218	3.691	2MASS J06023181-0946510	~	TT*	1	h1
38	06:09:25.50	-09:38:49.10	06092550-0938492	10.119	6.216	EM* AS 119	B3III[e]	TT*	13	h1
39	06:08:16.05	-09:35:54.20	06081605-0935541	11.587	4.2889996					h1
40	06:25:27.27	-09:32:06.00	06252725-0932061	7.386	4.414	RAFGL 935	C	C*	40	c3
41	06:31:15.57	-09:35:08.10	06311557-0935080	11.819	4.308					h1
42	06:13:49.87	-09:14:05.80	06134987-0914057	10.567	4.1230006	IRAS 06114-0913	~	*	0	h1
43	05:05:18.03	-09:08:50.10	05051803-0908499	11.983	2.645	NGC 1779	~	GiG	21	h1
44	06:25:01.43	-09:07:16.00	06250143-0907159	5.725	3.271	V* V636 Mon	C*			c3
45	05:42:53.75	-08:57:27.80	05425375-0857277	11.339	2.328	2MASS J05425375-0857277	~	pr*	2	h1
46	06:03:13.15	-08:59:16.80	06031315-0859167	11.902	2.4119997	2MASS J06031315-0859167	~	TT*	1	h1
47	05:41:42.43	-08:37:07.20	05414245-0837075	10.646	3.0259995	IRAS 05393-0838	K1.0	pr*	9	h1
48	05:42:46.10	-08:40:00.80	05424609-0840007	11.634	3.5479999	2MASS J05424609-0840007	K4.0	Y*O	4	h1
49	06:07:25.83	-08:31:04.40	06072583-0831044	9.983	2.3160005	2MASS J06072583-0831044	A9	pr*	3	h1
50	06:45:06.13	-08:28:18.70	06450611-0828188	11.905	6.3100004					c3

NOTAS:

- (1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD
- (2) Versión completa de la tabla : En **Apéndice A**

2. SELECCIÓN Y OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

permitió notar que faltaban en KHAR09 algunas estrellas del catálogo TYCHO-2^[48] por lo que se hizo necesario complementar el catálogo con las faltantes y denominarlo KHAR09+. El resultado de la correlación de nuestro grupo reducido de candidatas HAeBe con KHAR09+ conformó un total de 93 estrellas (13.8% del grupo total de candidatas HAeBe), distribuido en 70 comunes, 15 solo en KHAR09 y 8 solo en TYCHO-2, con un radio de correlación de 2''. A este grupo lo denominaremos de aquí en adelante grupo C_HAeBe_{Óptico} y es el grupo que constituye la principal muestra de estudio en este trabajo.

Tabla 2.2: Espectrógrafos de baja resolución usados en este trabajo.

Observatorio	Apertura (m)	Espectrógrafo	Resolución en H α (Å)	REF	Rango spectral (Å)
FLW	1.5	FAST (F)	6	(1)	3800-7200
MDM	1.3	OSU-CCDS (O)	6.5	(2)	3900-7300
OAN-SPM	2.1	Boller & Chivens (S)	5.5	(2)	3900-7200

(1) Fabricant et al. (1998)^[27]

(2) Medida con líneas de lámparas de arco

2.2.1 FAST

Un grupo de 42 espectros de baja resolución fueron obtenidos para la muestra C_HAeBe_{Óptico} utilizando el telescopio de 1.5 m de apertura del Fred Lawrence Whipple Observatory (FWL) con el espectrógrafo FAST (Fabricant et al. 1998^[27]) bajo la campaña de observación dirigida por Calvet. N. entre los años 2002-2005. El espectrógrafo contó con un CCD Loral 512x2688 como detector y además con una rejilla de 300 surcos mm⁻¹ en una configuración tipo estándar generalmente usada para proyectos FAST COMBO con 3'' de ancho en su rendija. Dicha configuración permite una coberturapectral de 3400 Å, centrada en 5500 Å con una resolución de 6 Å.

2.2.2 OSU-CCDS

Del mismo modo, un conjunto de 45 espectros de baja resolución de la muestra C_HAeBe_{Óptico}, fueron recolectados mediante el telescopio de 1.3 m de apertura

2.2 Observaciones espectroscópicas

McGraw-Hill del Observatorio Michigan-Dartmouth-MIT (MDM), el cual contó con el espectrógrafo CCD Boller & Chivens de la Ohio State University (OSU-CCDS^[108]) y con un CCD Loral 1200x800. La configuración empleada utiliza una rejilla de 158 surcos mm⁻¹ centrada a 5300 Å a lo largo de una rendija de 1" de ancho, y provee un resolución efectiva de 6.5 Å con 3400 Å de cobertura en rangopectral. Estos espectros forman parte de las campañas de observación de los años 2012, 2013, 2014 y 2016 ejecutadas por Hernández J., cuya reducción básica, calibración y combinación de espectros estuvo bajo mi cargo y fue realizada mediante procedimientos estándares de los paquetes twodspec y onedspec de IRAF¹.

2.2.3 Boller & Chivens - SPM

Finalmente, se completan los espectros para la selección C_HAeBe_{Óptico} con un total 6 espectros de baja resolución tomados con el espectrógrafo Boller & Chivens del Observatorio Astronómico Nacional de San Pedro Mártir (OAN-SPM)^[112], el cual contó con un CCD Marconi ($13.5 \mu\text{m pix}^{-1}$) en un arreglo de píxeles 2Kx2K. La configuración empleó una rejilla de dispersión de 400 surcos mm⁻¹ en alineación con una rendija de 2" de ancho, proveyendo una resolución de ~ 6 Å. Estos datos estuvieron enmarcados en la campaña de observación de 2016, bajo la dirección de Hernández J. y reducción básica a cargo de Olguín L. mediante la herramienta XVISTA.

¹De sus siglas en inglés IRAF: Image Reduction and Analysis Facility

2. SELECCIÓN Y OBSERVACIÓN DE LA MUESTRA

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 3

Compleitud y contaminación de la muestra

En la búsqueda de estrellas con discos circunestelares la presencia de exceso en el infrarrojo, es uno de los principales indicadores de la posible existencia de las mismas, debido a que dicho exceso se vincula a la reirradiación térmica del polvo del disco circundante. Sin embargo, esta distintiva cualidad, aunque debido a una variedad de mecanismos físicos distintos, es compartida también por algunas estrellas en otros estados de evolución más avanzados de acuerdo a señalamientos de varios autores (Sartori et al. 2010^[95], Vieira et al. 2011^[115], Koenig et al. 2014^[61]). Tales son los casos de las estrellas: Clásicas Be (CBe), gigantes de la rama asintótica (AGB¹), gigantes de la rama post-asintótica (PAGB²) y nebulosas planetarias (PNe³), por lo que dichos objetos podrían constituir una potencial fuente de contaminantes en la muestra de estrella HAeBe.

En este capítulo estudiaremos la completitud de nuestra muestra para estimar el límite inferior de masa estelar del censo de discos. También indagaremos acerca de las principales fuentes contaminantes en la muestra seleccionada en el capítulo 2. Estableceremos el locus de dichas fuentes contaminantes así como de los objetos de interés usando muestras conocidas, para finalmente ofrecer una clasificación preliminar más precisa al momento de emprender búsquedas de estrellas HAeBe. .

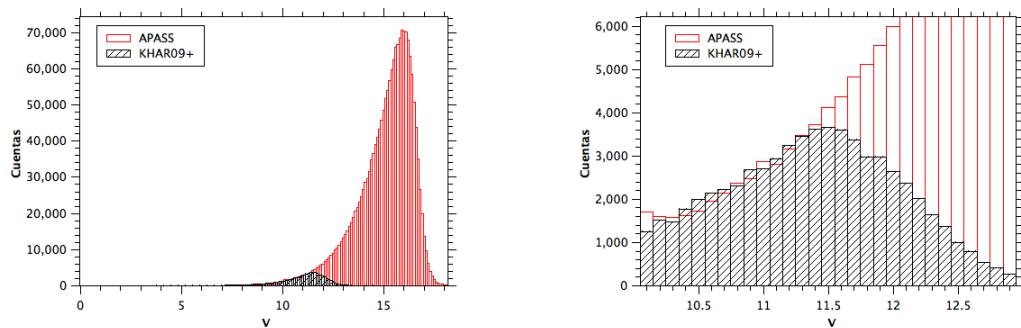
¹Por sus siglas en inglés AGB: Asimptotic giant branch

²PAGB: Post-asimptotic giant branch

³PNe: Planetary nebula

3. COMPLETITUD Y CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA

Figura 3.1: Límite de completitud en el catálogo óptico KHAR09+. Distribución de magnitudes V de la zona en estudio para los catálogos KHAR09+ (negro) y APASS (rojo). La comparación entre estos catálogos sugiere una magnitud V=11.5 para una completitud de 90% respecto al catálogo APASS.



3.1 Completitud

La Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables o AAVSO¹ en 2016 puso a disposición del público general los datos DR9² de su catálogo APASS³ (Heden+ 2016)^[39], conteniendo la fotometría de 60 millones de objetos en 5 filtros: B y V de Johnson, más g', r', i' del Sloan en el 99% del cielo, basado en un límite de completitud de V=16. Un análisis comparativo de nuestra región de estudio entre el catálogo KHAR09+ y este último, con V dentro de un rango de 11.45 y 11.55, permite determinar que existen 3712 estrellas en el primero mientras que para APASS existen 4148 en el mismo rango de V, lo que implica que a la magnitud de V~ 11.5, la completitud del catálogo KHAR09+ es de ~ 90% (ver figura 3.1) lo que permite corroborar la magnitud límite reportada por otros autores^{[96] [67]}.

Dicho valor establece un límite inferior en masa correspondiente a una estrella tipo espectral B9 en caso de un Av máximo de 2 mag a la distancia promedio de 500 pc. Hay que notar que dicho límite es relativamente bondadoso, ya que generalmente las estrellas en Orión están a distancias menores que 500 pc (Briceño et al 2007^[7], Kounkel et al 2016^[62]) y estamos asumiendo como límite estrellas en la ZAMS.

¹Por sus siglas en inglés AAVSO: American Association of Variable Stars Observers

²Por sus siglas en inglés DR9: Data Release 9

³Por sus siglas en inglés APASS: AAVSO Photometric All-Sky Survey

3.2 Contaminación de la muestra

Dentro de los principales objetos estelares contaminantes de la muestra destacan los que se describen a continuación.

3.2.1 Estrellas Clásicas Be

El primer reporte de una estrella Clásica Be o CBe se le reconoce al padre Angelo Secchi, quien en 1866 le diera esta clasificación a la estrella γ Cas, al evidenciar como particularmente interesante una línea brillante de su espectro ($H\beta$) en contraposición con las líneas oscuras que presentaban los espectros de estrellas con colores similares. Luego de 151 años, su definición operacional involucra las siguientes características: son estrellas no supergigantes de tipo temprano, cuyo espectro tiene o ha tenido en algún momento, una o más líneas Balmer en emisión (Collins 1987)^[100]. La emisión es principalmente debida a la presencia de un disco circunestelar equatorial gaseoso, regido por una mecánica de movimiento kepleriana, cuyos mecanismos de formación aunque cada vez más restringidos siguen aún sin esclarecerse completamente. Se conocen de forma excepcional, la existencia de algunas estrellas CBe con contribuciones en el infrarrojo lejano que no podrían atribuirse solo al gas por lo que se adjudican a la emisión térmica de polvo^[70]. Inicialmente se pensaba que la alta rotación ($v \sin i > 100$ km/s) que caracteriza este tipo de estrellas era el mecanismo exclusivo de expulsión equatorial de material y por ende, de la formación del disco (Struve 1931)^[103], no obstante, estudios recientes señalan que este mecanismo toma relevancia a partir de una velocidad límite de 75% de la velocidad crítica o superior, razón por la cual la formación del disco en estrellas a velocidades inferiores se atribuya a la posible acción de mecanismos alternos como: pulsación no-radial, campos magnéticos a pequeña escala y binaridad^[93].

En cuanto a su estatus evolucionario, son ubicadas en la MS o saliendo de ésta. Zorec y Briot (1997)^[127] encontraron estrellas CBe del campo galáctico igualmente presente en todas las clases de luminosidades (V-III), sin embargo, Fabregat y Torrejón (2000)^[26] sugirieron que el fenómeno Be tomaba lugar únicamente en la segunda mitad del tiempo de vida en la MS de una estrella tipo B y es completamente ausente en cúmulos más jóvenes de 10 Maños, por lo cual dicha idea de la existencia o no de una tendencia evolutiva a favor de las más evolucionadas es objeto de mayores estudios^[88].

3. COMPLETITUD Y CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA

Las estrellas CBe pueden llegar a confundirse con las HAeBe. En estas últimas las más activas de tipo temprano, es decir que presentan alta tasa de acreción, se distinguen en su morfología de emisión y variabilidad, usualmente presentando perfiles P Cygni, no obstante, las menos activas, son fácilmente confundibles con las CBe tal es el caso de 51 Oph (B9.5 V), la cual se catalogó como CBe hasta que fue encontrado en ella un exceso infrarrojo fuerte debido al polvo^[93].

3.2.2 Estrellas AGB

Las estrellas AGB son estrellas evolucionadas relativamente frías gigantes y muy luminosas. Tienen radios típicos de cientos de veces el radio solar y sus luminosidades son de miles a decenas de miles de veces las del Sol. Sus temperaturas en la fotosfera (temperatura efectiva) rondan en torno a la mitad de la temperatura efectiva solar^[60]. La fase evolutiva que las enmarca representa la última etapa por la cual atraviesan estrellas de baja y masa intermedia caracterizada por la quema nuclear de hidrógeno y helio en capas delgadas sobre un núcleo de carbón y oxígeno, o bien en el caso de las más masivas, sobre un núcleo de oxígeno, neon y magnesio, en una configuración inestable que da origen a una serie de pulsos térmicos. Como consecuencia de que las capas más externas de una estrella gigante o supergigante están lo suficientemente frías, los átomos coalescen en moléculas y las moléculas en diminutas partículas de polvo, las cuales son aceleradas por presión de radiación y transportadas por el viento estelar^[90]. Por ello, las estrellas AGB han sido reconocidas como las mayores contribuyentes de polvo hacia el medio interestelar^{[2] [109]}.

Antes de empezar esta fase, se estima que una estrella haya mantenido relativamente la misma masa que en sus etapas más tempranas, y es precisamente durante ésta fase que una estrella comienza a experimentar una alta pérdida de masa cuyo ritmo de pérdida podría representar hasta diez órdenes de magnitud respecto al del Sol. Dicha pérdida de masa, es la responsable de la formación de envolventes circunestelares que pueden eficientemente absorber la luz visible de la fuente central. La reirradiación subsecuente es vista como una emisión en exceso en el IR debido al polvo circunestelar, siendo esta la fuente principal de similitud con las estrellas HAeBe.

Desde un punto de vista espectroscópico, las estrellas AGB suelen ser divididas comúnmente en los siguientes grupos: las ricas en oxígeno (AGB_O), cuyo espectro esta

3.2 Contaminación de la muestra

dominado por bandas de TiO y las ricas en carbono (AGB-C), donde las bandas de C₂ y CN dominan el espectro. La pertenencia a algún grupo lo determina la proporción de carbono-oxígeno C/O en sus atmósferas siendo C/O<1 para estrellas tipo M y C/O>1 para las tipo AGB-C. Aquellas objetos en transición con C/O≈1 son conocidas como estrellas tipo S. Cabe destacar que las estrellas AGB a pesar de compartir similitud fotométrica en algunas bandas del IR con las estrellas HAeBe, la morfología de su espectro las hace completamente distinguible de estas últimas.

3.2.3 Estrellas PAGB y nebulosas planetarias PNeb

La etapa evolutiva que caracteriza a las estrellas PAGB se inicia después de la fase de pérdida extensiva de masa en la AGB, en ésta, la masa de la capa superficial de la estrella es reducida por debajo de un valor crítico, las pulsaciones estelares esenciales para la eficiencia del mecanismo de pérdida de masa, progresivamente se detienen y en consecuencia se promueve un descenso de la tasa de pérdida de masa. La estrella empieza a enfriarse y por ende, su radio comienza a reducirse induciendo un incremento en la temperatura estelar. La envolvente circunestelar AGB remanente finalmente se desprende, comenzando así su separación y disipación, a su vez, la temperatura de la estrella central alcanza valores que van de los 20.000K a los 30.000K, suficientemente calientes como para ionizar esta envolvente en expansión, dando origen así al final de esta etapa, al fascinante sistema estelar que se conoce como nebulosa planetaria PNeb. Las estrellas PAGB son estrellas escasas al igual que las HAeBe, solo se conoce poco menos de 500, bajo la distinción de “*muy probables*”^[104]. Esto se debe en gran parte a lo relativamente rápido que ocurre esta fase al igual que a lo embebido que se encuentra la estrella.

De acuerdo a los modelos de escalas de tiempo para la fase PAGB se estima un rango entre 10¹ y 10⁵ años^[24], dependiendo de forma inversa de la masa del núcleo, del proceso de reducción de pérdida de masa y de la historia de la pérdida de masa en la fase AGB. Es por ello que no todas las estrellas PAGB pueden llegar a convertirse en PNeb, por lo que algunos autores, prefieren ser cuidadosos y no emplear el término proto-nebulosas planetarias PPNeb^[115] que se ha empleado en ocasiones para referirse a estos objetos.

El estudio de las SEDs en estrellas PAGB ha permitido distinguir diversas morfologías o clases que van desde aquellas en las que no se distingue claramente la com-

3. COMPLETITUD Y CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA

ponente estelar de su componente circunestelar hasta aquellas en las que destacan por una SED de doble pico asociada a cada componente^[114]. Estas morfologías guardan estrecha similitud con las observadas en las SEDs de las clasificaciones de Hillenbrand et al.^[47], Meeus et al.^[76] y la de Sartori et al.^[95], haciendo difícil su distinción con certeza mediante esta vía. Estudios recientes que involucran binaridad en PAGB^{[54][66]}, han abierto la posibilidad de explicar las SEDs en dichos sistemas, con la presencia de un disco de polvo formado mediante la interacción con su compañera, creando un exceso en el infrarrojo cercano, capaz de llenar la brecha del doble pico observado típicamente en la SED de una estrella PAGB.

Para aquellas estrellas que alcancen la etapa de PNeb, es una imagen común muy general la presencia de un anillo alrededor de la estrella central, y aunque pareciera un disco, la falta de la evidencia observacional que respaldara ocasionalmente la forma aplanaada en estos objetos, ha sido prueba de que la apariencia circular de las PNeb en la línea de visión responde a la proyección de capas envolventes en expansión que rodean a la estrella. Este efecto tiene su explicación, debido a que la línea de visión a través de la nebulosa es mayor en los bordes que en el centro, el material parece opaco en los bordes y transparente en el centro. Ahora bien, una vista detallada podría presentar una variedad complejas formas, que dan cuenta de la historia de pérdida de masa en su fase AGB y los posibles mecanismos formación que podrían incluir interacción con planetas gigantes^[90], compañera binaria, campos magnéticos, rotación estelar o una combinación de ellos^[126]. La velocidad de expansión típica de una PNeb es del orden 10 km/s. Una vez que la envolvente en torno al núcleo central de C-O alcanza un valor crítico (10^{-3} - $10^{-4} M_{\odot}$ ^[90]), la reacciones nucleares en dicha capa se detienen, y en consecuencia ocurre un descenso en la luminosidad y a la vez en su poder ionizante, que aunado a la progresiva dispersión de la nebulosa marcan eventualmente su desaparición. La fase de PNeb se estima dure $\sim 10^4$ años si se adopta un tamaño de 0.3 Kpc y una velocidad de expansión típica^[63], prosiguiendo hacia la fase de enfriamiento como Enana Blanca. Las SEDs en PNeb están caracterizadas generalmente por distribuciones de doble pico, lo cual las asemeja a las PAGB y a las HAeBe, sin embargo, su espectro óptico es bastante distintivo. Las líneas de emisión más brillantes son las del oxígeno doblemente ionizado a 5007 y 4959Å.

3.2 Contaminación de la muestra

3.2.4 Estudio en colores 2MASS-WISE para la identificación de las estrellas HAeBe y sus posibles contaminantes

Para una clasificación preliminar más precisa de nuestras candidatas, nuestro esquema de selección identifica los locus en el DCC J-K vs. K-[22 μ m] para muestras selectas de algunos de los principales objetos contaminantes, así como también para la muestra de HAeBe conocidas y les asigna una letra como etiqueta: **h** para el locus de HAeBe, **b** para el de las CBe, **c** para el de las AGB_C y **p** para el de las PNeb, del mismo modo, asigna un número que identifica su pertenencia a una región más general: **1** denotando región HAeBe, **2** Región CBe, **3** Región AGB_C, **4** Región PNeb (ver figura 3.2). Los locus para las estrellas AGB_O y PAGB no se muestran ya que no se pudieron determinar debido a la alta dispersión de la muestra en el DCC en cuestión.

Un resumen de los catálogos asociados a cada muestra se presenta en la tabla 3.1, donde también se destaca el número total de estrellas en cada compilación o muestra (N_{Total}) y el número de estrellas que cumplieron con los criterios de selección (N_{Sel}): de calidad básico al tener fotometría 2MASS-WISE con errores menores a 1 mag, tener exceso infrarrojo en el DCM J vs. K-W3 y pertenecer al corte HAeBe-2MASS. Cabe destacar que el radio de correlación con WISE en todas las muestras fue de 2" exceptuando las PNeb, en las que se eligió un radio ligeramente mayor de 3".

Tabla 3.1: Tabla de catálogos de estrellas HAeBe y posibles objetos contaminantes conocidos.

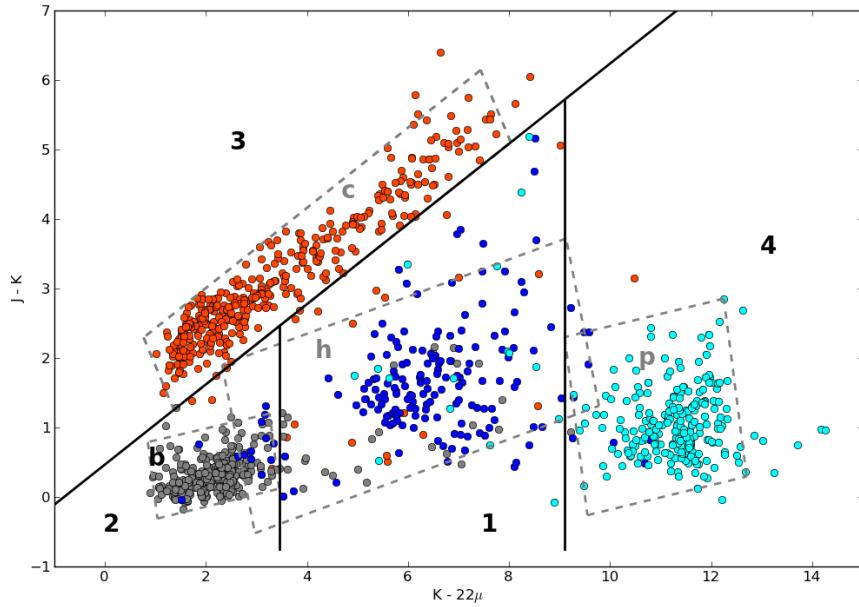
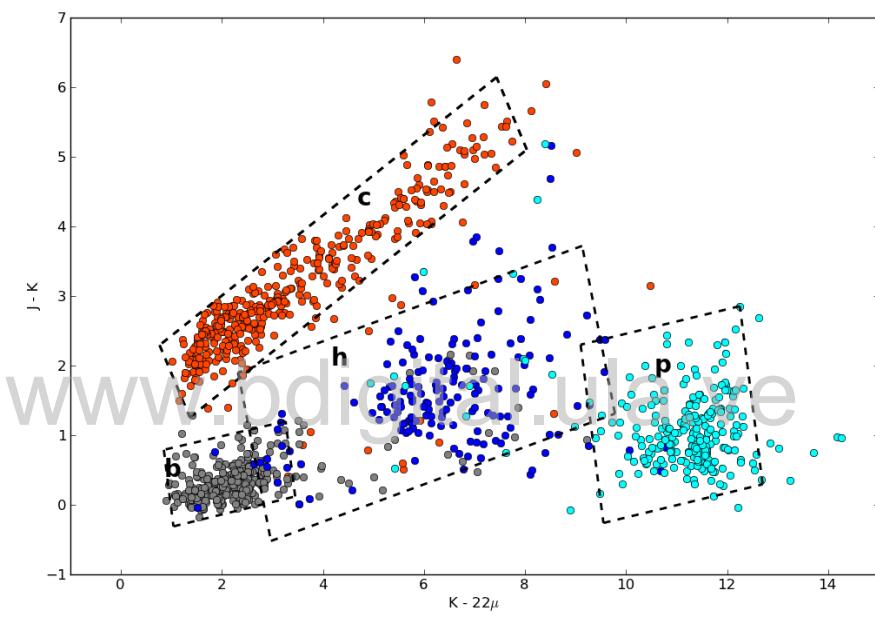
Obj. Estelar	Ref. Catálogos	N_{Total}	N_{Sel}
HAeBe	Hernández in prep. (2018)	201	176
CBe	Gkouvelis et al. (2016) ^[31] , Mathew et al. (2011) ^[74] , Raddi et al. (2015) ^[92] Wisniewski et al. (2006) ^[121] y Yudin et al. (2001) ^[124]	1376	343
AGB-C	Alksnis (2001) ^[1] y Chen (2012) ^[14]	2988	405
AGB-O	Guandalini et al. (2008) ^[33] , Kerschbaum et al. (2001) ^[58] Le Bertre et al. (2001, 2003) ^[69] y Whitelock et al. (2008) ^[119]	990	95
PAGB	"Más probables" de Szczerba(2007) ^[104]	326	104
PNeb	HASH PN de Parker et al. 2016 ^[87]	2426	246

3. COMPLETITUD Y CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA

Para la definición de los locus se crearon unas cajas fotométricas de mínima área (ver figura 3.2 primer panel), cuyo algoritmo general involucra la variación de 5 parámetros: posición del centro de la caja (x_0, y_0), lados de la caja ($\Delta x, \Delta y$) y la inclinación de la misma, para explorar diversas configuraciones de cajas hasta obtener aquella cuya configuración comprenda al menos el 90% de las muestra y cuya área sea a su vez mínima. La tabla 3.2 reúne los porcentajes de cada muestra de objetos estelares de acuerdo a la presencia que estos tengan en cada una de las cajas. Con la finalidad de asignarles a aquellas estrellas que no sean clasificadas como pertenecientes a una caja fotométrica principal al menos una clasificación aproximada se establecieron diversas regiones generales. Éstas se definen a partir de las cajas fotométricas de la siguiente manera: la región 3 (o región general AGB-C) queda determinada por el área superior a la recta $J - K \geq 0.577 * K - [22\mu m] + 0.467$, la cual es la línea diagonal en el DCC (ver figura 3.2 segundo panel). La región 2 (o región general CBe) está definida por el área inferior a dicha línea y la recta $K - [22 \mu m] = 3.45$, que ocupa la región inferior izquierda del DCC, de igual forma, la región 4 (o región general PNeb) esta dada por el área bajo dicha línea y la recta $K - [22 \mu m] = 9.10$, que ocupa la parte inferior derecha del DCC. Finalmente, la región 1 (o región general HAeBe) queda definida como el área entre las tres regiones mencionadas como se indica en la figura 3.2. El porcentaje de objetos estelares en función de su cantidad en cada región se presenta en tabla 3.3. Nuestras candidatas HAeBe se representan en el DCC $J-K$ vs. $K - [22 \mu m]$ (figura 3.3) en donde se distribuyen sobre las respectivas cajas fotométricas, así como también sobre las secciones generales de los distintos objetos estelares: HAeBe o posibles contaminantes según sea el caso. El resultado de esta distribución se condensa en la columna 11 de la tabla 2.1

3.2 Contaminación de la muestra

Figura 3.2: Diagrama color-color J-K vs. K-[22 μ m]. **Regiones de objetos estelares con excesos en IR.** *Panel superior:* Cajas fotométricas de mínima área con etiqueta **h**: denotando locus para las estrellas HAeBe conocidas (azul), **b**: Locus para estrellas Clásicas Be (gris), **c**: Locus para estrellas AGB-C (naranja) y **p**: Locus para Nebulosas Planetarias (cyan). Dicha área delimita $\sim 90\%$ de la muestra en cada población (ver tabla 3.2). *Panel Inferior:* Se muestran secciones generales con numeración **1**: denotando región HAeBe, **2**: Región CBe, **3**: Región AGB, **4**: Región PNEB (ver tabla 3.3)



3. COMPLETITUD Y CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA

Figura 3.3: Distribución de nuestras candidatas a estrellas HAeBe función de su ubicación en el diagrama color-color J-K vs. K-[22 μ m]. Etiquetado preliminar. La muestra de candidatas (en verde) se etiqueta de manera preliminar en función de su ubicación en dicho DCC, siguiendo una numeración (1, 2, 3 y 4) en caso de pertenecer a una región general y/o una letra (h, b, c y p) alusiva al locus en caso de pertenecer a éste de acuerdo a la figura 3.2.

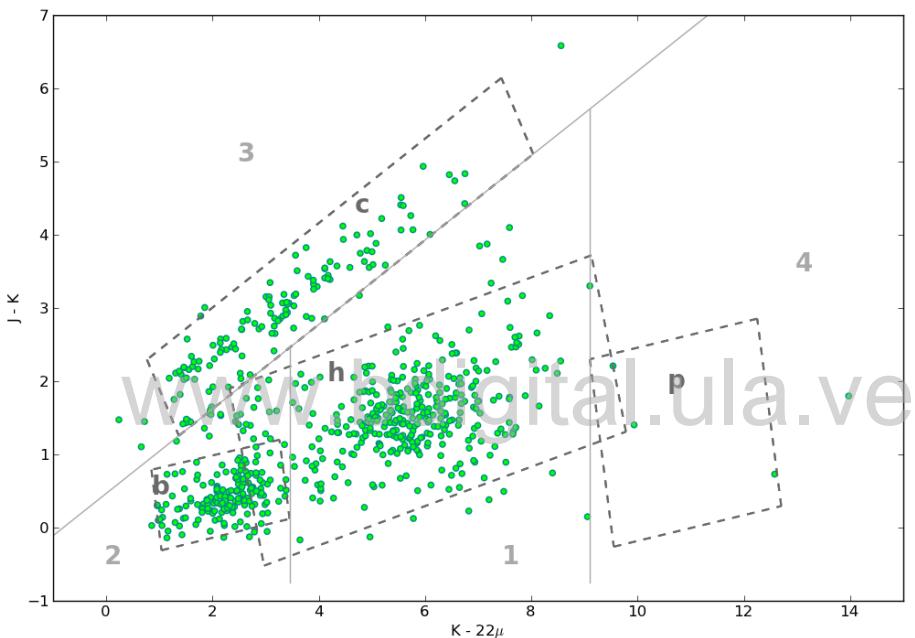


Tabla 3.2: Porcentajes de objetos estelares en función de las Cajas Fotométricas de Mínima Área en el DCC $J-K$ vs. $K-[22 \mu m]$.

Caja Fot. Min. Área \ Obj. Estelar ¹ (%)	HAeBe	CBe	AGB-C	PNeb	PAGB
h: HAeBe	89.20	35.80	6.82	7.95	65.38
b: CBe	3.21	90.09	0.29	0.00	0.96
c: AGB-C	0.00	0.25	93.09	0.00	1.92
p: PNeb	2.44	0.00	0.00	90.24	18.27

(1) Para referencias de cada muestra ver tabla 3.1

3.2 Contaminación de la muestra

Tabla 3.3: Porcentajes de objetos estelares por regiones generales en el DCC $J-K$ vs. $K-[22 \mu m]$

Region	Obj. Estelar ¹ (%)	HAeBe	CBe	AGB-C	PNeb	PAGB
1: HAeBe	87.50	8.45	4.44	6.50	70.19	
2: CBe	7.39	90.96	0.74	0.00	0.96	
3: AGB-C	0.00	0.29	94.57	0.00	1.92	
4: PAGB	5.11	0.29	0.25	93.50	26.92	

(1) Para referencias de cada muestra ver tabla 3.1

3. COMPLETITUD Y CONTAMINACIÓN DE LA MUESTRA

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 4

Análisis espectroscópico de las candidatas a HAeBe

En el desarrollo de un método de clasificación espectral de estrellas HAeBe, han sido varios los autores que han contribuido hacia este objetivo, mediante métodos cuantitativos o cualitativos (Strom et al. 1972; Cohen y Kuhi 1979; Finkenzeller Mundt 1984; Finkenzeller 1985; Hillenbrand et al. 1992; Hillenbrand 1995; Mora et al. 2001, Hernández et al. 2004). Sin embargo, la existencia de discrepancias entre resultados ha sido motivo de revisiones y optimizaciones en la formulación de nuevos métodos. La precisión en la clasificación espectral repercute directamente en la obtención confiable de parámetros estelares fundamentales como lo son la temperatura efectiva Teff y la luminosidad L, así como también, en la información relevante que del medio físico circundante a la estrella se pueda inferir a partir de parámetros como el valor de la razón entre la extinción total y selectiva (R_V) y sus excesos infrarrojos.

Dentro de las principales fuentes de discrepancia entre métodos se puede mencionar:
a) Rasgos no fotosféricos, los cuales pueden originar absorción anómala (Cohen y Kuhi 1979), componentes de emisión y rasgos variables (Strom et al. 1972), b) efectos de velamiento de líneas debido a la presencia de continuos no fotosféricos, c) el uso de rasgos espectrales débiles, especialmente en bandas en donde la fotosfera estelar contribuye modestamente y por último e) el uso de pocos rasgos espectrales los cuales no permiten obtener resultados estadísticamente fuertes (Finkenzeller, 1985).

Con el propósito de minimizar la mayoría de los efectos mencionados, hacia la

4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

obtención de tipos espetrales más confiables, en este capítulo se presenta a Spectral Type Classifier o SPTCLASS, como el método de clasificación espectral en nuestra investigación diseñado con esa finalidad de acuerdo a Hernández et al. (2004)^[42], abordando el proceso general de clasificación espectral y sus respectivos resultados en el estudio de las estrellas candidatas del grupo C_HAeBe_{Óptico}. Además, se realiza un análisis comparativo entre estos resultados y los obtenidos a partir del método de clasificación preliminar fotométrica del la sección 3.2.4 del Capítulo 3.

4.1 SPTCLASS: Esquema de clasificación espectral

Este esquema de clasificación sienta sus bases en un conjunto de 33 rasgos espetrales sensibles a cambios en T_{eff} de acuerdo a la Tabla 1 del trabajo de Hernández, J^[42]. Dentro de dichos rasgos destacan las líneas de Balmer, que a pesar de que pudiesen tener efectos no fotosféricos, SPTCLASS las utiliza como guía inicial, las cuales en complemento con un proceso de mayor refinación con otras líneas atómicas como: las líneas de He I y de Fe I juegan un papel preponderante en la clasificación de estrellas de tipo temprana, mientras que las relacionadas a las líneas metálicas como Mg II, Ca II, Ca I, y la banda G ($\lambda 4300$), dominan la clasificación para el caso de las estrellas de tipo tardía (tipo G).

De cada rasgo de absorción (FB)¹ es medido su ancho equivalente (W_λ) o “índice”, mediante el criterio empleado por Hillenbrand (1995), el cual se obtiene al definir el flujo absorbido a partir de una línea base sobre el continuo producto de la interpolación de dos bandas adyacentes al rasgo, llamadas banda continua azul o BCB² y banda continua roja RCB³ de forma alusiva a su ubicación en el espectro. La ecuación matemática que define dicho criterio es:

$$W_\lambda = \Delta\lambda_{FB} \left[1 - \frac{F_{FB}}{F_{BCB} + (\lambda_{FB} - \lambda_{BCB}/\lambda_{RCB} - \lambda_{BCB})(F_{RCB} - F_{BCB})} \right] \quad (4.1)$$

donde F_{FB} , F_{BCB} y F_{RCB} son los flujos a las longitudes centrales λ_{FB} , λ_{BCB} y λ_{RCB} tanto del rasgo espectral como de las bandas del continuo respectivamente y $\Delta\lambda_{FB}$ es el ancho del FB.

¹De sus siglas en inglés FB: Feature Band

²BCB: Blue Continuous Band

³RCB: Red Continuous Band

4.1 SPTCLASS: Esquema de clasificación espectral

Los índices medidos mediante este criterio suelen ser poco afectados por enrojecimiento o por S/N, ya que en el primer caso se realiza la interpolación del continuo en bandas que se encuentran relativamente cerca del rasgo y en el segundo las bandas de continuo son lo suficientemente anchas y también próximas al rasgo para la medición de un buen flujo.

En general el procedimiento de clasificación según Hernández et al. (2004)^[42], parte de rasgos distintivos como los de las bandas G, Fe I, y He I a fin de determinar inicialmente si la estrella es más temprana o tardía que A0. Luego se realiza una segunda aproximación para estimar el rango espectral utilizando los rasgos de Balmer H_γ y H_δ, sin embargo, debido a que estos rasgos pueden presentarse afectados por líneas de emisión o efectos en luminosidad, especialmente en estrellas A0 (Morgan et al. 1943; Gray et al. 2001), no se les otorga peso alguno en la determinación clasificación espectral final. A partir de este paso, se determinan los rasgos exentos de estos problemas, y se precisa un rango espectral. Luego se calcula un tipo espectral para cada índice, así como también un promedio pesado de cada uno de ellos, en donde los pesos se estiman principalmente a partir de dos errores: 1) el error del ajuste a una secuencia principal estándar y 2) el error en la medición de W_λ. Cabe destacar que para este último, se asume una estadística de Poisson, en el cual el error en cada banda (FB, BCB, y RCB) esta dado por la raíz cuadrada del número de cuentas, así el valor obtenido representa el error propagado en cada banda. De este modo, el método rechaza índices espectrales que sugieren tipos espectrales que se desvían en más de 3σ del promedio pesado o que poseen un error mayor a 6 subtipos espectrales.

El tipo espectral se ofrece dentro de una escala numérica que va desde 18 para un tipo espectral O8 hasta 73 para uno tipo M5. Aunque el método está fortalecido hacia la detección de estrella HAeBe, en un rango espectral que abarca de la B hasta la F, también incluye el esquema para estrellas tipo G o más tardía, debido a que algunos rasgos pudieran presentarse degenerados, permitiendo la posibilidad de estudiar estrellas que pudiesen presentar discrepancias grandes en tipos espectrales como consecuencia de esta causa. Para el funcionamiento del código se requiere contar con las herramientas computacionales de IRAF e IDL¹. Para ampliar información en torno a la obtención e instalación del código de SPTCLASS se recomienda visitar www.cida.gob.ve/hernandj/SPTclass/sptclass.html.

¹Interactive Data Language, <http://www.harrisgeospatial.com>

4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

4.2 Caracterización espectral de candidatas HAeBe

Haciendo una cuidadosa revisión de los espectros del grupo C_HAeBe_{Óptico} se identificaron un grupo representativo de potenciales estrellas HAeBe, así como también una serie de otros objetos estelares, aunque en una menor cuantía.

Los resultados de la clasificación espectral se condensan en tablas bajo el siguiente orden general: número de línea (col¹ 1), coordenadas celestes (cols 2 y 3), nombre en SIMBAD (col 4), identificador de 2MASS (col 5), etiqueta de identificación preliminar (col 6), tipo espectral (col 7) con su respectivo error (col 8), ancho a media altura (FWHM²) de H_α (col 9) y el FWHM de Li (col 10), el tipo de objeto estelar en SIMBAD (col 11) y número de referencias asociadas en SIMBAD desde 1850 a febrero 2017 (Num_ref) (col 12), en una disposición que ordena los datos de mayor a menor en función del número de referencias en SIMBAD. A continuación se describe cada caso.

4.2.1 Estrellas HAeBe

Para analizar las estrellas HAeBe o altamente probable a serlo presentes en el grupo C_HAeBe_{Óptico}, se agruparon en el régimen IMS aquellas con tipo espectral más temprano que G0. Los resultados de la clasificación espectral se presentan en la tabla 4.1 siguiendo el orden general, con una columna adicional (col 13) que da cuenta de la correspondencia de nuestras candidatas en las compilaciones de HAeBe más recientes (Chen 2016^[13] o HER18) o si se trata de una nueva HAeBe producto de este trabajo y en los casos sin emisión H_α, indicativa de la condición “Fill-up”, la cual se describirá más adelante.

El análisis espectroscópico permitió distinguir un número total de 61 estrellas candidatas cuyos espectros en el óptico son consistentes con los de estrellas HAeBe. Cotejando sus coordenadas en la base de datos de SIMBAD se pudo precisar que 14 de éstas poseen número de referencias relativamente bajo (Num_ref \leqslant 5).

Cuatro de ellas (05011655+0632457, 05380923-0010557, 06354901-0700034 y 06463115-0212464) tienen un número de referencias 1 y 2, asociadas a catálogos de sondeos generales, que no dan cuenta de la naturaleza PMS de las estrellas, por lo cual se conside-

¹Col denota palabra columna

²Por sus siglas en inglés FWHM: Full width at half maximum

4.2 Caracterización espectral de candidatas HAeBe

ran candidatas a nuevas HAeBe. De igual forma de las restantes, tres (05563730+1628350, 06395636+1311001 y 06223938-0519474) presentan cero número de referencias asociadas, siendo nuestro estudio el primer reporte de las mismas. Solo una (05330450+0228065) no tiene correspondencia en SIMBAD, sin embargo, una correlación cruzada con un radio de 2'',, con compilaciones de estrellas HAeBe, identifica como reportada a esta última estrella así como también a la estrella 06033705-1453025, razón por la cual se descartan como nuevas candidatas a estrellas HAeBe. Del mismo modo se descarta también la estrella 05164545-0151221, debido a que se reporta como un objeto estelar específico (TT*).

Otras 4 aunque con Num_ref que varía entre 1 y 5, se destacan como candidatas por estar asociadas a referencias de objeto estelar joven en forma general u otro tipo de objeto, tales son los casos de las 06205595-0754362 (Num_ref =1) y 06072583-0831044 (Num_ref =3), las cuales aparecen como objetos PMS (pr*) por Lee H.-T., et al. (2009) , la 05240600-0349472 (Num_ref =4) la cual fue reportada por Sanchez et al. (2014) como candidata a objeto estelar jóven (Y*?) y por último, la 05432925+0004589 (Num_ref =5), o también conocida como V* GT Ori, que en las referencias previas se reporta como una estrella variable tipo pulsante de largo período^[94], y esta revisión pudiera abrir la posibilidad de asociarla a una estrellas PMS tipo HAeBe en caso de calificar en nuestras pruebas adicionales de juventud.

En este sentido, nuestra revisión aporta la identificación de al menos 11 potenciales estrellas cuya naturaleza como HAeBe aún reposa sin reportes o especificaciones en dicha base de datos. Dichas estrellas se denotan con el número 3 en la columna Ref (col 12) de la tabla 4.1. El registro de los espectros para éstas estrellas se presenta en el **Apéndice B.1 y B.2** con su respectivo rasgo de H_{α} .

La figura 4.1 nos presenta las SEDs para 10 de las 11 de las HAeBe nuevas partiendo desde el tipo espectral más temprano. Dichas SEDs se han normalizado a la banda V de TYCHO o KHAR09 a fin de compararlas con la SED media para estrellas HAeBe dada por Hernández¹. En ellas es fácil notar el exceso infrarrojo característico de éstas estrellas. Por limitaciones de formato, la SED para la estrella restante 05240600-0349472

¹Comunicación privada

4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

(1/11) se reseña junto a su espectro en el **Apéndice B.2.**

En base a la etiqueta de clasificación preliminar fotométrica Phot_PreId, 10 de estas potenciales candidatas yacen en la caja HAeBe y región fotométrica 1 (h1), exceptuando la 06463115-0212464, la cual se encuentra en locus compartido HAeBe-CBe de la región 2 (hb2) en figura 4.3, siendo ésta la candidata con menor exceso IR relativo (ver figura 4.1). Cabe destacar, que estudios adicionales de juventud para confirmar la naturaleza PMS de éstas 11 estrellas se desarrollan en el Capítulo 5 de este trabajo.

En relación a las candidatas con $\text{Num_ref} > 5$ (50 estrellas), la correlación con el catálogo HER18, confirma la existencia de 38 estrellas ya reportadas como HAeBe (73% respecto al corte HAeBe-2MASS o 65 % respecto a la región de estudio). De las restantes, 10 estrellas tienen referencia en SIMBAD asociada a objetos estelares jóvenes (TT*, Y*O, Or*, *iC o Em*). De ellas, la 05342581-0121065 ($\text{Num_ref} = 7$) no posee reporte del tipo espectral en SIMBAD y basado en nuestro trabajo se presenta por primera vez una clasificación espectral, que es F4. Por otra parte, 3 estrellas: 05244482+0150472, 06281742-1303109 y 06195821-1038146, están referidas a otros objetos estelares como estrellas evolucionadas tipo Be* para las dos primeras y en la última como estrella PAGB (pA*). Para revisión del significado extendido de la etiqueta Tipo de Objeto SIMBAD para los objetos estelares de este apartado se sugiere ver apéndice **Apéndice B**¹.

¹Para casos no contemplados ampliar información a través de la dirección: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-display?data=otypes>

4.2 Caracterización espectral de candidatas HAeBe

Tabla 4.1: Clasificación espectral para candidatas a estrellas HAeBe - Selección espectroscópica.

No.	RA(J2000)	DEC	Nombre	2MASS_ID	Phot_Pre-Id	SPTCLASS					Obj	Num_ref	Ref ^A
						SpT	eSpT	H _α _FWHM	Li_FWHM				
1	06:19:58.22	-10:38:14.9	HD 44179	06195821-1038146	h1	B9	2.0	-1.81	0.0	pA*	656	-	
2	05:24:44.86	+01:50:47.4	* psi01 Ori	05244482+0150472	b2	B0	1.7	-4.07	0.0	Be*	299	-	
3	05:04:29.99	-03:47:14.3	V* UX Ori	05042998-0347142	h1	A6	2.4	-2.35	0.0	Ae*	296	1,2	
4	06:28:17.43	-13:03:11.0	HD 45677	06281742-1303109	h1	B2	2.2	-123.43	0.0	Be*	284	-	
5	05:37:13.27	-06:35:00.6	V* BF Ori	05371326-0635005	h1	A5	2.0	-10.0	0.0	Em*	246	1,2	
6	06:33:05.15	+10:19:20.4	HD 259431	06330519+1019199	h1	B4	3.0	-56.65	0.0	Ae*	242	1,2	
7	05:35:50.46	-05:28:34.9	V* T Ori	05355043-0528349	h1	A2	2.0	-15.0	0.0	Ae*	214	1,2	
8	06:02:00.00	+16:30:56.7	HD 250550	06015988+1630567	h1	B7	1.6	-25.63	0.0	Ae*	214	1,2	
9	05:31:28.05	+12:09:10.2	V* HK Ori	05312805+1209102	h1	A9	3.0	-64.85	0.46	Ae*	166	1,2	
10	05:27:38.31	+11:25:39.0	V* CO Ori	05273833+1125389	h1	F7	1.9	-13.15	0.47	TT*	146	1,2	
11	05:16:00.48	-09:48:35.4	V* V1366 Ori	05160047-0948353	h1	B9	1.3	-0.79	0.0	EB*	129	1,2	
12	05:34:47.00	-05:34:14.3	HD 36917	05344698-0534145	h1	A0	1.3	-1.01	0.0	Or*	122	1,2	
13	05:41:02.32	-02:43:00.6	HD 37806	05410229-0243006	h1	B9	1.4	-24.28	0.0	Be*	118	1,2	
14	06:32:41.78	+10:09:34.0	EM* GGA 397	06324177+1009340	h1	B3	1.9	-27.22	0.0	Ae*	111	1,2	
15	05:36:59.25	-06:09:16.4	HD 37258	05365925-0609164	h1	A4	3.1	-10.89	0.0	Ae*	99	1,2	
16	05:44:18.81	+00:08:40.4	V* V351 Ori	05441880+0008403	h1	A9	2.5	-0.98	0.0	Ae*	92	1,2	
17	05:35:09.61	+10:01:51.5	HD 245185	05350960+1001515	h1	B9	1.3	-27.29	0.0	Ae*	87	1,2	
18	05:37:47.08	-06:42:30.2	HD 37357	05374708-0642301	h1	A4	3.0	-7.05	0.0	Ae*	81	1,2	
19	05:35:31.37	-05:33:08.9	V* NV Ori	05353136-0533088	h1	F6	2.1	-0.56	0.07	Ae*	78	1,2	
20	05:24:42.80	+01:43:48.3	V* V346 Ori	05244279+0143482	h1	A0	2.0	-1.22	0.0	RI*	76	1,2	
21	05:38:14.50	-05:25:13.3	HD 37411	05381450-0525132	h1	B9	1.3	-7.05	0.0	Or*	74	1,2	
22	05:27:42.80	-08:19:38.5	HD 35929	05274279-0819386	hb2	F3	2.2	-2.42	0.17	dS*	73	1,2	
23	05:43:11.89	-04:59:49.9	HD 38120	05431188-0459499	h1	A0	1.1	-33.66	0.0	Be*	60	1,2	
24	05:40:11.77	-09:42:11.1	V* V350 Ori	05401176-0942110	h1	A3	1.9	-29.36	0.0	Em*	58	1,2	
25	05:34:49.99	-05:18:44.7	V* V2056 Ori	05344998-0518447	3	A8	2.5	-1.28	0.0	Or*	58	-	
26	05:34:14.16	-05:36:54.2	Brun 216	05341416-0536542	h1	F7	1.9	-2.89	0.12	pr*	43	1,2	
27	05:32:09.94	-02:49:46.8	V* RY Ori	05320993-0249467	h1	F7	2.6	-10.86	0.09	Or*	42	1,2	
28	05:31:57.26	+11:17:41.3	HD 244604	05315724+1117414	h1	A3	2.6	-15.16	0.0	Or*	42	1,2	
29	05:38:05.25	-01:15:21.7	V* V1247 Ori	05380526-0115216	h1	A6	2.6	-12.52	0.0	dS*	39	1,2	
30	06:41:05.88	+09:22:55.6	HD 261941	06410587+0922556	h1	A4	2.6	-10.56	0.0	*C	33	-	
31	05:41:49.74	-08:00:32.3	V* V1305 Ori	05414973-0800322	h1	K0	3.0	-35.85	0.23	Em* Or*	29	-	
32	06:02:14.89	-10:00:59.5	V* V791 Mon	06021488-1000595	h1	B1	1.8	-78.81	0.0	Ir*	23	1,2	
33	05:27:05.47	+00:25:07.7	HD 290409	05270547+0025075	h1	B9	1.5	-3.5	0.0	SB*	22	1,2	
34	05:29:11.44	-06:08:05.4	V* V1650 Ori	05291144-0608054	h1	F7	2.1	-7.96	0.07	Or*	21	2	
35	05:35:25.39	-05:51:08.7	BD-05 1321	05352538-0551087	h1	F4	2.3	-0.13	0.07	Y*O	21	-	
36	05:37:02.45	-01:37:21.3	HD 290770	05370245-0137213	h1	B9	1.2	-32.35	0.0	Em*	20	1,2	
37	05:24:08.04	+02:27:46.9	HD 287823	05240804+0227468	h1	A4	2.9	-0.38	0.0	Y*O	20	1,2	
38	05:32:00.31	-04:55:53.9	V* UY Ori	05320030-0455539	h1	A5	3.0	-6.93	0.0	Ir*	17	1,2	
39	06:31:29.77	+04:54:49.2	EM* GGA 395	06312975+0454491	h1	B7	2.0	-36.06	0.0	Em* *iC	16	-	
40	05:30:19.03	+11:20:20.0	HD 244314	05301903+1120199	h1	A5	3.0	-29.76	0.15	Or*	14	1,2	
41	05:58:55.78	+16:39:57.2	HD 249879	05585578+1639573	h1	A0	1.2	-38.44	0.0	Ae*	14	1,2	
42	06:09:25.50	-09:38:49.1	EM* AS 119	06092550-0938492	h1	B2	3.0	-155.14	0.0	TT*	13	-	
43	05:23:31.01	-01:04:23.6	HD 290380	05233100-0104237	h1	F6	2.0	-3.71	0.04	*	12	1,2	
44	05:29:48.05	-00:23:43.4	HD 290500	05294805-0023434	h1	A2	2.5	-3.8	0.0	*	12	1,2	
45	05:37:36.85	-02:08:17.7	HD 290772	05373685-0208177	h1	F5	2.3	-6.15	0.03	TT*	9	-	

... Continúa en la siguiente página

^A (1) Chen 2016^[13], (2) Hernández, Villarreal *et al* 2018 in prep (Her18), (3) Este trabajo.

4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

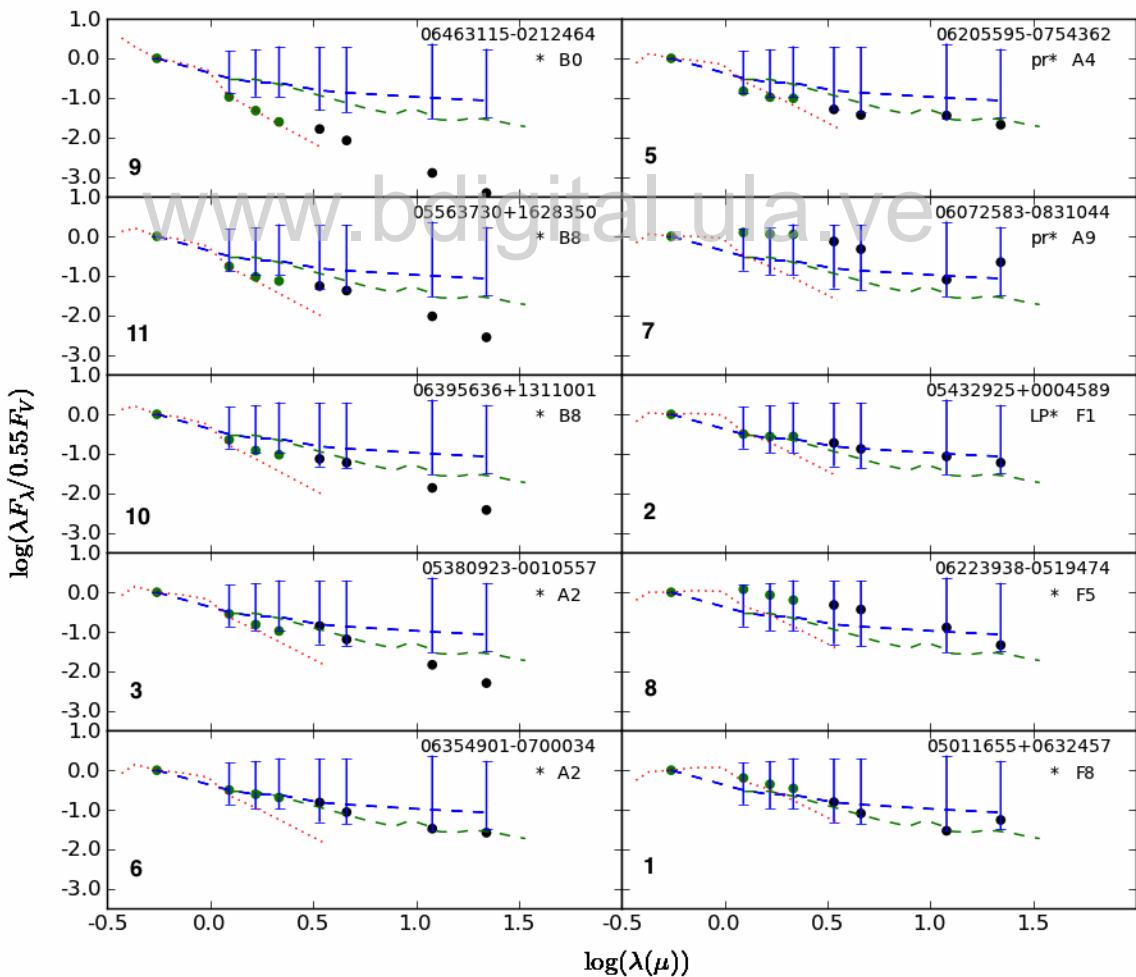
No.	RA(J2000)	DEC	Nombre	2MASS.ID	Phot.Pre-Id	SPTCLASS					Obj	Num.ref	Ref ^A
						SpT	eSpT	H _α .FWHM	Li.FWHM				
46	05:30:18.68	-02:01:57.6	HD 290543	05301868-0201575	h1	A6	2.5	-0.95	0.0	*	9	2	
47	05:34:25.82	-01:21:06.6	V* V469 Ori	05342581-0121065	h1	F4	2.7	-23.75	0.07	Or*	7	-	
48	05:43:29.25	+00:04:58.9	V* GT Ori	05432925+0004589	h1	F1	2.0	-3.59	0.03	LP*	5	3	
49	05:24:06.01	-03:49:47.2	HD 294083	05240600-0349472	h1	F8	2.3	-6.32	0.09	Y*?	4	3	
50	05:16:45.46	-01:51:22.3	HD 290172	05164545-0151221	h1	F7	4.2	-10.1	0.08	TT*	4	-	
51	06:07:25.83	-08:31:04.4	2MASS J06072583-0831044	06072583-0831044	h1	A9	2.5	-6.32	0.12	pr*	3	3	
52	06:46:31.16	-02:12:46.5	HD 292364	06463115-0212464	hb2	B0	1.7	-48.7	0.0	*	2	3	
53	06:03:37.06	-14:53:02.6	TYC 5361-1651-2	06033705-1453025	1	A0	1.3	-18.8	0.0	*	1	1,2	
54	06:20:55.96	-07:54:36.2	2MASS J06205595-0754362	06205595-0754362	h1	A4	1.9	-10.64	0.33	pr*	1	3	
55	06:35:49.01	-07:00:03.4	TYC 4810-2193-1	06354901-0700034	h1	A2	2.0	-4.93	0.13	*	1	3	
56	05:38:09.26	-00:10:56.0	TYC 4767-1407-1	05380923-0010557	h1	A2	2.0	-4.33	0.0	*	1	3	
57	05:01:16.56	+06:32:45.7	TYC 110-426-1	05011655+0632457	h1	F8	1.5	-0.91	0.09	*	1	3	
58	06:22:39.38	-05:19:47.5	TYC 4793-398-1	06223938-0519474	h1	F5	2.5	-1.15	0.0	*	0	3	
59	06:39:56.36	+13:11:00.2	TYC 758-2057-1	06395636+1311001	h1	B8	1.3	-4.92	0.0	*	0	3	
60	05:56:37.31	+16:28:35.0	TYC 1312-1344-1	05563730+1628350	h1	B8	1.2	-4.77	0.0	*	0	3	
61	05:33:04.53	+02:28:06.9		05330450+0228065	h1	F3	3.1	-1.84	0.03	-	1,2		

^A (1) Chen 2016^[13], (2) Hernández, Villarreal *et al* 2018 in prep (Her18), (3) Este trabajo.

Por otra parte, fueron halladas también un grupo total de 14 objetos dentro del régimen IMS las cuales no presentaron línea H_α en emisión obvia y sus resultados reposan en la tabla 4.2. De éstas estrellas, las más referenciadas fueron siete presentando Num.ref ≥ 6, estando 5 de ellas (06402475+0946082, 6080518-0621405, 05065105-0319599, 06314331+1020208 y la 06324289+0501304) asociadas a objetos estelares jóvenes (*iN, TT*, *iN, *iC), mientras que las otras dos (06322939+0456560 y la 06475726+0046339) a objeto estrella en general (*) y a estrella Be respectivamente. Pasando a las menos o no referenciadas (Num.ref < 6), dos estrellas: 06422637-0016283 y 05362855+0004456 presentaron un número de referencias asociadas igual a 1, de las cuales solo ésta última aparece en SIMBAD asociada a candidata a objeto estelar joven (Y*?). Al menos 5 candidatas: 05543998-1447038, 06424294-1139250, 05384406-1114111, 06241307-0711042 y 06090159+0558421 no poseen referencia asociada a la estrella por lo cual sería la primera vez que se reporta su vinculación con búsquedas de objetos estelares jóvenes. Algunas de ellas pudiesen tener una componente no resuelta de H_α en emisión o lo que se conoce como llenado del rasgo o “fill-up”, pudiendo ser indicativo de muy baja acreción disco-estrella, y en consecuencia ser indicio de juventud. Para determinar el fill-up, se compara el ancho equivalente W_{eq} del rasgo H_α en absorción con el correspondiente W_{eq} en una estrella estándar del mismo tipo espectral, y se evalúa si hay diferencia en profundidad del rasgo. Nuestra revisión determinó que son potenciales candidatas a presentar un posible fill-up dentro de las más referenciadas las estrellas: 06475726+0046339, 06402475+0946082, 06314331+1020208 y

4.2 Caracterización espectral de candidatas HAeBe

Figura 4.1: Distribución espectral de energía para las estrellas candidatas a nuevas HAeBe. Se muestra la fotósfera equivalente de Kenyon y Hartmann 1995^[57] (línea roja punteada), la SED media a $R_v = 3.1$ para la discos ópticamente gruesos en estrellas HAeBe (línea azul segmentada) dada por Hernández (2018)¹ y la SED media para los discos ópticamente gruesos en Taurus (línea verde segmentada) de Furlan (2006)^[30]. La barra de incertidumbre en la SED media de las HAeBe, se centra en la mediana y representa el 50% de la población, es decir incluye el cuartil 2 y 3. Las SEDs incluyen fotometría KHar09+ y de 2MASS (puntos verdes) y fotometría WISE (puntos negros). Cada panel señala la identificación 2MASS, el tipo de objeto según base de datos SIMBAD, el tipo espectral encontrado en esta investigación y el número con el que se identifica cada estrella en su distribución espacial de la figura 4.2 . Continúa en **Apéndice B.2**.



4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

la 06324289+0501304, por otra parte, dentro de las menos o no referenciadas destacan: la 06422637-0016283, 06424294-1139250, 05384406-1114111 y 06090159+0558421. Las figuras del apéndice B.6 y B.7 nos presenta las SEDs para cada una de estas 14 estrellas.

Tabla 4.2: Estrellas candidatas a IMS sin emisión en H_{α} - Selección espectroscópica

No.	RA(J2000)	DEC	Nombre	2MASS_ID	Phot_PrefId	SPTCLASS						Num.ref	Fill-up
						SpT	eSpT	H_{α} .FWHM	Li.FWHM	Obj			
1	06:47:57.27	00:46:34.10	HD 49330	06475726+0046339	b2	B0	1.5	0.97	0.0	Be*	56	1	
2	06:40:24.76	09:46:08.20	HD 261736	06402475+0946082	h1	A4	1.9	5.53	0.0	*iC	39	1	
3	06:32:29.39	04:56:56.10	HD 259300	06322939+0456560	h1	B6	1.2	6.12	0.0	*	27	0	
4	06:08:05.16	-06:21:40.10	BD-06 1418	06080518-0621405	1	B1	1.6	4.12	0.0	*iN	23	0	
5	05:06:51.07	-03:19:59.90	HD 293815	05065105-0319599	1	B8	1.2	8.74	0.0	TT*	22	0	
6	06:31:43.32	10:20:20.90	HD 258973	06314331+1020208	h2	A5	2.1	6.65	0.0	*iN	11	1	
7	06:32:42.89	05:01:30.60	Cl* NGC 2244 PS 552	06324289+0501304	h1	A5	2.5	6.36	0.0	*iC	6	1	
8	06:42:26.38	-00:16:28.30	TYC 4799-2121-1	06422637-0016283	h1	A8	2.3	6.28	0.0	*	1	1	
9	05:36:28.55	00:04:45.60	2MASS J05362855+0004456	05362855+0004456	h1	F7	1.9	3.93	0.09	Y*?	1	0	
10	05:54:39.99	-14:47:03.80	TYC 5360-1167-1	05543998-1447038	1	F0	2.2	8.16	0.08	*	0	0	
11	06:42:42.95	-11:39:25.10	IRAS 06403-1136	06424294-1139250	h1	F4	2.5	1.72	0.0	*	0	1	
12	05:38:44.07	-11:14:11.10	IRAS 05363-1115	05384406-1114111	h1	F6	2.3	0.99	0.56	*	0	1	
13	06:24:13.08	-07:11:04.30	TYC 4797-275-1	06241307-0711042	hb2	F2	3.1	5.41	0.14	*	0	0	
14	06:09:01.58	05:58:42.20	TYC 143-1250-1	06090159+0558421	hb2	A0	1.9	6.95	0.0	*	0	1	

4.2.2 Otros objetos estelares jóvenes

Algunos objetos estelares del rango de las TTS de masa intermedia (IMTTS¹), el cual comprende tipos espectrales G0-K5, que se encuentren más cerca de la distancia típica preestablecida, así como también afectados por el enrojecimiento pudiesen aparecer en la muestra. En la tabla 4.3 se registran la información de 11 estrellas que resultaron estar en el rango de las IMTTS después de nuestra clasificación espectral, cabe destacar que todas ellas tienen referencias asociadas que ya las identifica como objetos estelares jóvenes (Or*), estrellas TTS (TT*) o candidatas a serlo (TT?). Esta investigación confirma la naturaleza PMS de estos objetos, destancándose en la figura del **Apéndice B.3** dos espectros asociados a las estrellas menos referenciadas en SIMBAD (Num.ref = [1-2]): la 05172593+0700223 y 05390232+0856123 así como también sus respectivas SEDs en la figura del **Apéndice B.4**. Cabe destacar, que tanto estas dos últimas estrellas como también la 05391521+0950043 y la 05433900-0504029 (Num.ref = 10) no poseen reporte de tipo espectral en esta base de datos, por lo que nuestra investigación contribuye en la designación por primera vez de tal clasificación. Solo 3 estrellas en este rango espectral presentaron espectros sin emisión en H_{α} , dos de ellas relacionadas a candidatas a objetos estelares jóvenes (05452235+0904123 y 05253237-0659171) y la tercera (05500713+0305324) sin referencia asociada previa,

¹Por sus siglas en inglés IMTTS: Intermediate mass T-Tauri stars

4.2 Caracterización espectral de candidatas HAeBe

siendo nuestra selección su primera vinculación con la posibilidad de pertenecer a la clasificación de objeto estelar jóven, los resultados para éstas últimas se muestran en la tabla 4.4. El estudio de su componente en $H\alpha$ en emisión no resuelta sugiere la posibilidad de que tanto la 05253237-0659171 como la 05500713+0305324 presenten la condición de “fill-up”. Para una vista de las SEDs de estas 3 estrellas, se sugiere ver figura del apéndice B.8.

Tabla 4.3: Estrellas candidatas a IMTTS - Selección espectroscópica

No.	RA(J2000)	DEC	Nombre	2MASS_ID	Phot.PreId	SPTCLASS					Obj	Num.ref
						SpT	eSpT	$H\alpha$.FWHM	Li.FWHM			
1	05:29:08.39	+11:52:12.7	V* GW Ori	05290838+1152126	h1	G0	4.8	-24.56	0.2	TT*	282	
2	05:34:18.57	-05:04:47.8	V* EZ Ori	05341856-0504479	h1	G2	2.5	-16.3	0.2	TT*	82	
3	05:34:16.46	-05:36:45.6	V* V1044 Ori	05341646-0536455	h1	G2	2.0	-12.12	0.1	Or*	52	
4	05:29:23.94	+11:51:57.5	V* V649 Ori	05292393+1151576	h1	K4	1.4	-22.48	0.18	TT*	40	
5	05:36:51.28	-04:25:40.1	HD 294260	05365126-0425398	h1	G0	2.0	-13.3	0.1	Or*	35	
6	05:33:02.24	-05:26:25.2	V* V466 Ori	05330223-0526251	h1	G6	5.1	-26.66	0.38	Or*	27	
7	05:20:25.75	-05:47:06.4	V* V534 Ori	05202573-0547063	h1	K6	1.4	-41.67	0.42	Or*	10	
8	05:43:39.01	-05:04:02.9	V* DM Ori	05433900-0504029	h1	G6	2.3	-14.52	0.28	Or*	10	
9	05:39:15.21	+09:50:04.4	TYC 718-392-1	05391521+0950043	h1	G4	2.3	-23.22	0.7	Em*	4	
10	05:17:25.94	+07:00:22.4	IRAS 05147+0657	05172593+0700223	h1	G6	2.3	-1.78	0.2	TT?	2	
11	05:39:02.33	+08:56:12.4	2MASS J05390232+0856123	05390232+0856123	h1	G3	1.1	-3.26	0.41	TT?	1	

Tabla 4.4: Estrellas candidatas en rango de IMTTS sin emisión en $H\alpha$ - Selección espectroscópica

No.	RA(J2000)	DEC	Nombre	2MASS_ID	Phot.PreId	SPTCLASS					Obj	Num.ref	Fill-up
						SpT	eSpT	$H\alpha$.FWHM	Li.FWHM				
1	05:45:22.37	09:04:12.30	NAME FU Ori A	05452235+0904123	h1	G7	4.2	2.54	0.4	Y*?	7		0
2	05:25:32.37	-06:59:17.20	2MASS J05253237-0659171	05253237-0659171	h1	G0	2.2	1.2	0.72	Y*?	1		1
3	05:50:07.13	03:05:32.50	IRAS 05474+0304	05500713+0305324	h1	G0	2.3	1.21	0.14	*	0		1

4.2.3 Otros objetos estelares o de estatus evolucionario incierto

En este grupo de candidatas, se encontraron 4 estrellas con características especiales que las diferencia completamente del resto, para las cuales no fue posible la clasificación en función de SPTCLASS, exceptuando solo el caso de la estrella V* EP Ori, para la cual se obtuvo un tipo espectral M4 consistente con el espectro de una estrella AGB_O. En los otros casos, el espectro de la estrella IC418 esta relacionado al de un objeto estelar tipo nebulosa planetaria y fue acertadamente advertido por su etiqueta de identificación preliminar Phot.PreId, mientras que el de la estrella BD-061253, esta referido como una estrella HAeBe y para V* V1308 Ori, aunque su referencia lo asocia a una estrella HAeBe de acuerdo al HBC, estudios más recientes lo vinculan a una estrella evolucionada de tipo B[e]. La figura del Apéndice B.5 nos muestra los

4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

espectros para estas peculiares estrellas.

Tabla 4.5: Tabla de candidatas a otros objetos o de estatus evolucionario incierto - Selección espectroscópica

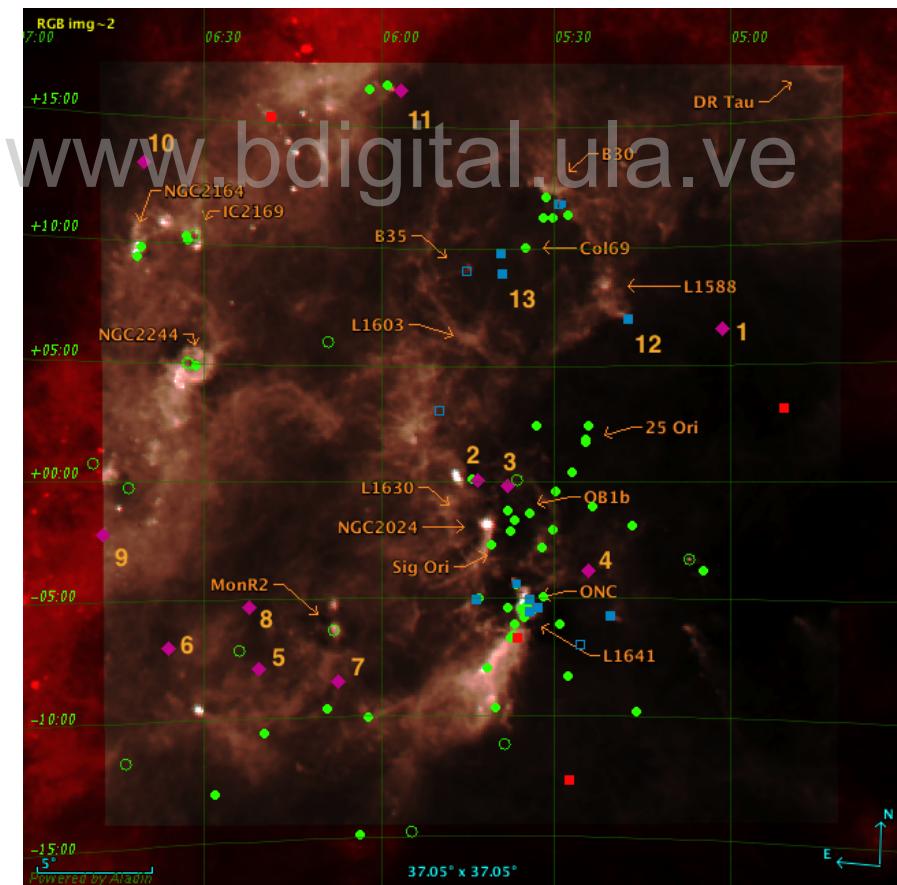
No.	RA(J2000)	DEC	Nombre	2MASS_ID	Phot_PreId	SPTCLASS				Obj	Num.ref
						SpT	eSpT	H _α _FWHM	Li_FWHM		
1	05:27:28.22	-12:41:50.20	IC 418	05272820-1241500	p4	-	-	-106.29	0	PN	961
2	06:18:45.55	15:16:52.30	V* V1308 Ori	06184553+1516522	h1	-	-	-44.96	0	Ae*	205
3	05:36:25.47	-06:42:58.00	BD-06 1253	05362543-0642577	h1	-	-	-37.25	0	Ae*	164
4	04:50:57.30	03:08:32.50	V* EP Ori	04505728+0308323	h2	M4	1.4	-1.53	0	Mi*	17

La figura 4.2 nos muestra la distribución espacial de las 93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} sobre el mapa SFD^[97] destacando los agrupamientos de estas estrellas a gran escala en las cercanías a las diversas zonas de formación estelar de la región de estudio. Las candidatas tanto a nuevas HAeBe como a IMTTS se destacan en una numeración que se mantendrá para identificarlas en lo que resta de este trabajo. Un análisis de aquellas estrellas (61/93) con distancias D_G calculadas a partir de su correspondencia en GAIA se amplía en la sección 5.1 de este trabajo. **4.3 Método fotométrico vs. espectroscópico**

Con la finalidad de estimar el nivel de acierto en el pronóstico de candidatas HAeBe de nuestra muestra óptica principal, se hace un estudio comparativo entre los resultados a partir del método de pre-identificación fotométrica respecto aquellas que realmente presentaron línea H_α en emisión para optar a la clasificación a HAeBe o IMTTS. La tabla 4.6 nos muestra los porcentajes de la distribución de objetos en función de los loci de la pre-identificación fotométrica (ver figura 4.4) y los contrasta con sus correspondientes obtenidos a partir del estudio espectroscópico (ver figura 4.3), en función del número de candidatas que presentaron H_α en emisión o no, o bien, de la identificación de objeto estelar para los casos que pudieron ser reconocidos. En este sentido, haciendo énfasis en el grupo de candidatas del locus HAeBe, la comparación

4.3 Método fotométrico vs. espectroscópico

Figura 4.2: Distribución espacial de las 93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} en la región de estudio en Orión. La imagen destaca las estrellas candidatas a nuevas HAeBe en rombos sólidos magenta, así como también las demás estrellas en el régimen IMS reconocidas como HAeBe reportadas o YSOs en círculos verdes, mientras que aquellas en el régimen de IMTTs se representan en cuadros azules. Se usan símbolos sólidos para aquellas estrellas con líneas de emisión, mientras que los abiertos se reservan para aquellas que no las presentaron. Por otra parte, las estrellas sin clasificación en SPTCLASS se presentan en cuadros sólidos rojos. Se destacan las candidatas a IMTTs con el número 12 y 13. Código de numeración IMS :1) 05011655+0632457, 2) 05432925+0004589, 3) 05380923-0010557, 4) 05240600-0349472, 5) 06205595-0754362, 6) 06354901-0700034, 7) 06072583-0831044, 8) 06223938-0519474, 9) 06463115-0212464, 10) 06395636+1311001 y 11) 05563730+1628350, IMTTs: 12) 05172593+0700223 y 13) 05390232+0856123.

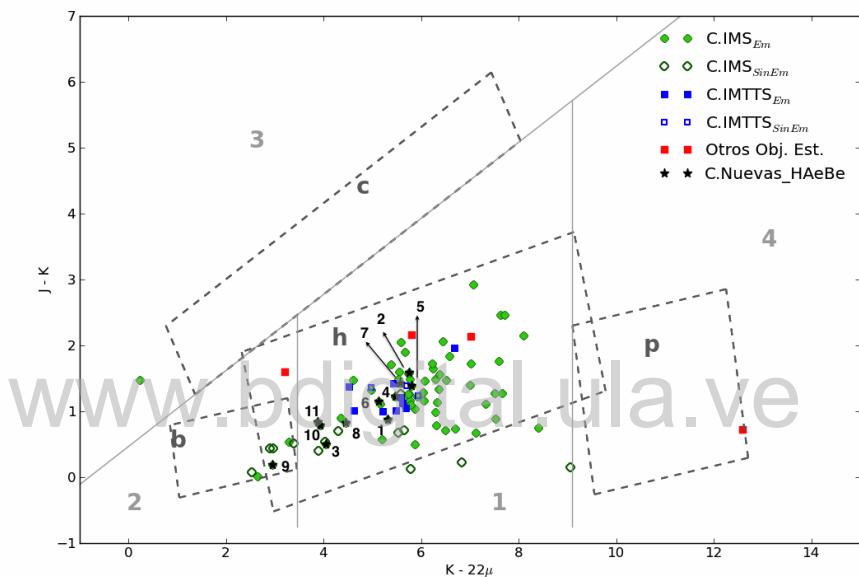


4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

entre resultados nos permite observar que a pesar de que el método fotométrico predice un 87.10% de posibles candidatas HAeBe, al menos un 60.22% en el régimen IMS se obtuvo en forma real con emisión en H α obvia dentro del locus. De la misma forma, se pudo observar la presencia del rasgo en emisión en un 11.83% de las candidatas al régimen IMTTS lo que indica que al menos el 72.04% tiene probabilidad de asociarse a objetos estelares jóvenes de tipo HAeBe e IMTTS. En cuanto a los objetos restantes en el locus HAeBe, un 11.83 por ciento corresponde a candidatas sin H α en emisión y un 3.23% a objetos contaminantes (Ej. Candidata LT: 04505728+0308323) o sin clasificación en SPTCLASS. Cabe destacar que si consideramos de las candidatas sin emisión obvia, aquellas con posible fill-up (7 candidatas IMS+ 2 candidatas IMTTS) como objetos probables a ser jóvenes, el porcentaje de objetos con emisión en H α resuelta o no, podría ascender a 81.72%. Los demás grupos de la pre-identificación fotométrica, representan solo el 12.90% de la muestra óptica y estas candidatas al figurar como otros objetos, o al encontrarse fuera de locus constituyen objetos estelares de menor interés. No obstante, su revisión tanto para el caso del locus compartido CBe/HAeBe como en el de CBe, revela que solo la mitad de sus candidatas tienen probabilidad de calificar en su respectiva clasificación basándose en el número de sus candidatas con el rasgo en emisión característico, lo que equivale al ~2% y ~1% de la muestra óptica respectivamente. Para el caso PNeb, se pronosticó 1 objeto de ese tipo y se constató espectroscopicamente que en efecto correspondía a una PNeb, equivalente al ~1%. En el locus AGB_C, no se pronosticaron candidatas, mientras que objetos fuera de locus, se encontró un ~5%, del cual solo el ~2% presentó el rasgo Balmer característico en emisión.

4.3 Método fotométrico vs. espectroscópico

Figura 4.3: Diagrama color-color J-K vs. K-W4 de las estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} en base a clasificación espectroscópica La imagen destaca las estrellas candidatas a nuevas HAeBe en símbolo estrella negro, bajo demás especificaciones de símbolos de figura 4.2. En esta figura se usa C. como abreviación de la palabra Candidatas. Código de numeración: 1) 05011655+0632457, 2) 05432925+0004589, 3) 05380923-0010557, 4) 05240600-0349472, 5) 06205595-0754362, 6) 06354901-0700034, 7) 06072583-0831044, 8) 06223938-0519474, 9) 06463115-0212464, 10) 06395636+1311001 y 11) 05563730+1628350.



4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

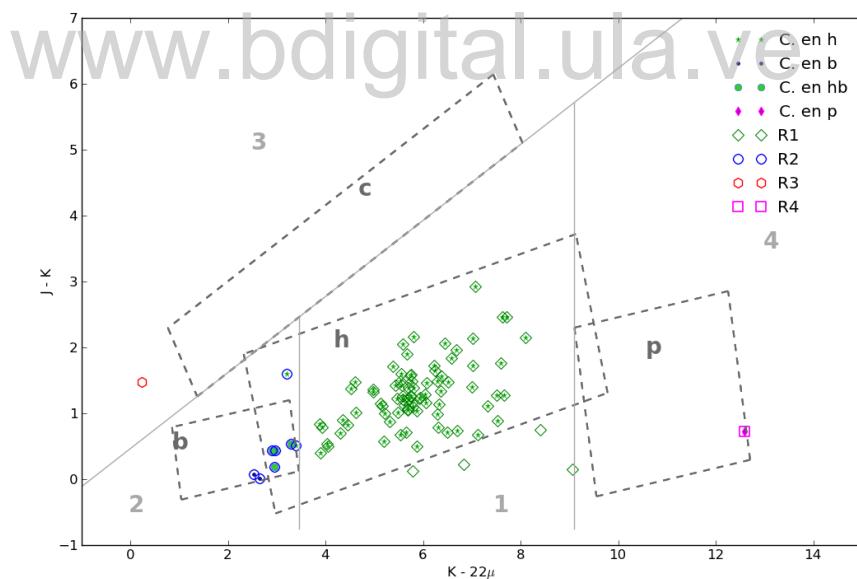
Tabla 4.6: Tabla comparativa entre las candidatas predichas mediante el método fotométrico y sus correspondientes obtenidas vía análisis espectroscópico.

Met. Fotométrico			Met. Espectroscópico		
Tipo Obj.	No. Estrellas	%	Tipo Obj.	No. Estrellas	%
HAeBe	81	87.10	* C_IMS _{Em}	56	60.22
			C_IMTTS _{Em}	11	11.83
			C_IMS _{Sin Em}	8	8.60
			C_IMTTS _{Sin Em}	3	3.23
			C_LT	1	1.07
			C_Sin_SPTCLASS	2	2.25
CBe/HAeBe	4	4.30			
			C_IMS _{Em}	2	2.15
			C_IMS _{Sin Em}	2	2.15
CBe	2	2.15			
			C_IMS _{Em}	1	1.08
			C_IMS _{Sin Em}	1	1.08
PNeb	1	1.08			
			PNeb	1	1.08
AGB-C	0	0.00			
			-	-	-
Fuera de Locus	5	5.38			
			C_IMS _{Em}	2	2.15
			C_IMS _{Sin Em}	3	3.23

* En esta tabla se usa C_ denotando la palabra Candidatas

4.3 Método fotométrico vs. espectroscópico

Figura 4.4: Diagrama color-color J-K vs. K-W4 de las estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} en base a clasificación preliminar fotométrica En forma comparativa, el panel destaca las estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} pero esta vez representadas en función de su etiqueta Phot.Pre-Id. El símbolo estrella en verde indicaría estrellas en el locus HAeBe “h”, punto azul identifica estrellas en el locus CBe “b”, círculo sólido cyan estrellas en locus HAeBe/ CBe “hb” y rombos magenta para las estrellas en locus de PNeb “p”. Las regiones generales se muestran en figuras abiertas: rombos verdes (R1), círculos azules (R2), hexágonos rojos (R3) y finalmente cuadros magenta (R4). En esta figura se usa C. como abreviación de la palabra Candidatas.



4. ANÁLISIS ESPECTROSCÓPICO DE LAS CANDIDATAS A HAEBE

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 5

Indicadores adicionales de juventud

En el proceso de confirmación de la naturaleza PMS de las estrellas HAeBe, se hace necesario la revisión de sus candidatas a la luz de diversas pruebas adicionales entre las que destacan: a) el estudio de su luminosidad por medio del diagrama Hertzsprung-Russell o diagrama HR en caso de conocer con certeza la distancia a la estrella, y en el caso en el que no se cuente con ella: b) los DCM proveen el marco de referencia aproximado para inspeccionar el rango de correlación entre la magnitud estelar y el modelo estelar adaptado a la distancia hipotética estimada, así como también, c) la determinación de sobredensidades en la vecindad inmediata a la estrella a fin de establecer relación con un grupo estelar joven compuesto por estrellas de menor masa.

En astronomía aunque el método para determinar distancias vía paralaje es muy conocido, por mucho tiempo ha estado restringido principalmente a las estrellas más cercanas, en este sentido diversas han sido las técnicas y los instrumentos utilizados en la estimación de la distancia a un objeto. Hasta noviembre 2016, HIPPARCOS¹ fue el catálogo astrométrico de alta precisión por excelencia, contando con 118.218 entradas (estrellas o estrellas múltiples), un rango de precisión en posición de 0.6-1.0 milisegundos de arco y hasta una profundidad de 1 kph, momento en el cual se produce el lanzamiento de los resultados DR1 de la tan esperada misión GAIA^[91]. Estos resultados reúnen datos astronómicos en 3 componentes principales: a) movimientos propios, paralajes

¹Por sus siglas en inglés: The High Precision Parallax Collecting Satellite

5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

y posiciones precisas para dos millones de estrellas (TGAS¹) b) posiciones precisas y fotometría en la banda G para un millardo de estrellas y c) curvas de Luz en la banda G para ~ 3000 Cefeidas y RR Lyrae. Para el primer conjunto de datos astrométricos el error típico en paralaje es de ~ 0.03 msa² para las posiciones y paralajes, mientras que para la fotometría las incertidumbres media en la banda G oscila entre 0.001-0.03 mag en un rango de magnitudes que van de 5 a 20.7 mag^[11].

Considerando las bondades del lanzamiento DR1, esta sección se adentra en la exploración de dichas pruebas adicionales dentro del contexto GAIA, así como también en el de HIPPARCOS como catálogo complementario, llevando al límite el cuestionamiento del estatus evolucionario de las candidatas y su relación directa con una nebulosidad inmediata tal y como la propuso Herbig en su artículo seminal de 1960.^[40]

5.1 Distribución espacial del grupo C_HAeBe_{Óptico}

Tomando en consideración la distribución espacial de las candidatas del grupo C_HAeBe_Optico en función de la distancia calculada a partir de los paralajes de GAIA o simplemente distancia GAIA (D_G) podemos destacar que esta ocurre principalmente en torno a 4 rangos de distancia considerando un bin de 50 pc: 1er) $D_G \leq 300$ pc, 2do) $300 \text{ pc} < D_G \leq 550$ pc, 3er) $600 \text{ pc} < D_G \leq 800$ pc y 4to) $D_G > 800$ pc tal y como se muestra en la figura 5.1. De estos grupos, los más cercanos yacen hacia la zona de Orión, mientras los grupos más distantes yacen hacia la zona contigua en la constelación de Monoceros (ver figura 5.2). Una imagen de la distribución de todas las candidatas en función de la distancia (en caso de tenerla) se presenta en la figura 5.3. Haciendo nuestro enfoque en las 11 candidatas a HAeBe nuevas, nos encontramos:

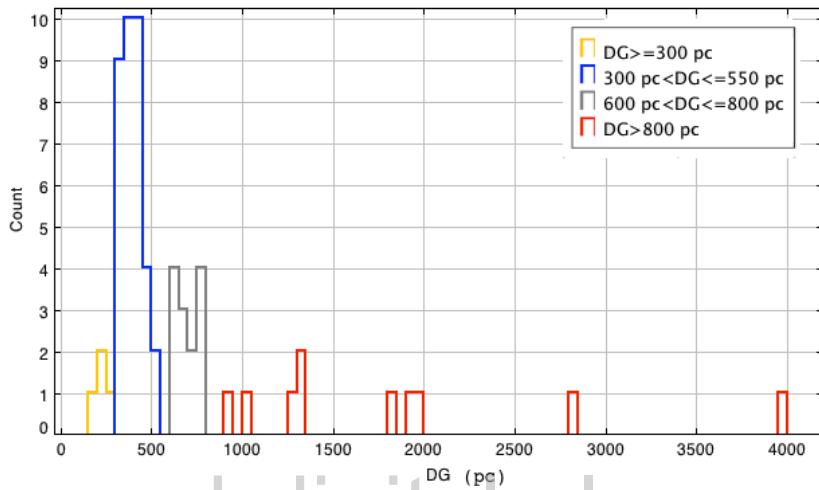
* En el primer rango ($D_G \leq 300$ pc) 2 estrellas: 05432925+0004589 (#2) compartiendo posición espacial proyectada con la zona que reúne un conjunto notable de zonas de formación estelar de Orión entre las que destaca entre otras: L1630, NGC2024, 25 Ori, OB1b y concentra una gran cantidad de estrellas HAeBe del 2do rango ya conocidas, así como también, 05011655+0632457 (#1), la cual se ubica al noroeste de esta región relativamente apartada de alguna zona de formación estelar reconocida.

¹ Por sus siglas en inglés TGAS: Tycho-Gaia Astrometric Solution

²msa= milisegundos de arco

5.1 Distribución espacial del grupo C_HAeBe_{Óptico}

Figura 5.1: Distribución de distancias de 63/93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} por rangos de distancia GAIA. La imagen nos muestra la distribución de distancias para 63/93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico}. Para los rangos $D_G \leq 300$ pc, se usa color amarillo, $300 \text{ pc} < D_G \leq 550$ pc color azul, $600 \text{ pc} < D_G \leq 800$ pc color gris y para $D_G > 800$ pc el color rojo.



* En el 2do rango ($D_G(300 - 550)$ pc), cabe destacar la presencia de 05380923-0010557 (#3) la cual se presenta como una más de las integrantes de Orión entre las regiones de L1630, OB1b y 25 Ori, así como también a 05240600-0349472 (#4) con relativa proximidad a la región ONC.

* En el 3er rango ($D_G(600 - 800)$ pc) : 06205595-0754362 (#5) y 06354901-0700034 (#6) en la constelación de Monoceros al sureste de la nube molecular Mon R2.

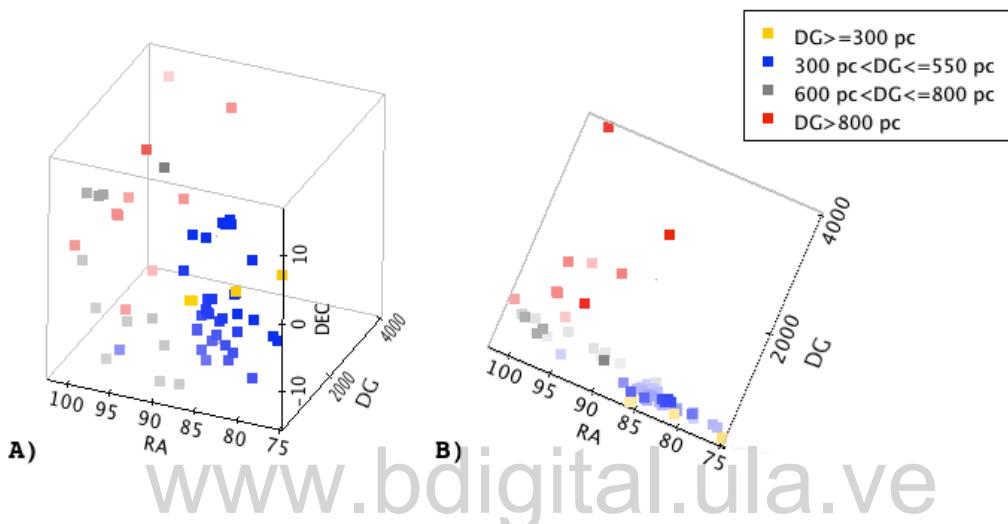
* En el 4to rango ($D_G > 800$ pc): 06223938-0519474 (#8) , 06395636+1311001 (#10) en las proximidades de las regiones NGC2164 y la 05563730+1628350 (#11) al noroeste de dicha región.

Vale mencionar que 06072583-0831044 (#7) y 06463115-0212464 (#9) yacen aún sin correspondencia en GAIA, pudiéndose decir de ellas hasta el momento que solo comparten relativa cercanía espacial proyectada con las candidatas #5, #6 y #8.

Para las estrellas en el régimen de las IMTTS, la 05172593+0700223 (#12) se localiza al sur de la región L1588 ligeramente distante de esta pero sobre la región enmarcada por el anillo de λ Ori y 05390232+0856123 (#13) se ubica en la misma zona general al oeste de la región Barnard 35 pero hacia parte central del anillo, perteneciendo al 2do rango de distancias $D_G(300 - 550)$ pc.

5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

Figura 5.2: Distribución espacial tridimensional de las 63/93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} por rangos de distancia GAIA. La imagen nos muestra la distribución tridimensional de las 63/93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico}. A) Una vista en perspectiva. B) Proyección en el plano RA/DG. Nótese como los grupos más cercanos (amarillo y azul) se ubican hacia la zona de Orión, mientras los más alejados (gris y rojo) lo hacen hacia la zona contigua en la constelación de Monoceros.



5.2 Diagrama Hertzprung-Rusell

Con la finalidad de explorar el estatus evolucionario de nuestras candidatas, sobre la base de la relación existente entre su luminosidad (L) y respectiva temperatura efectiva (T_{eff}), se procederá a describir los aspectos preponderantes en la construcción y análisis del diagrama que por excelencia representa tal relación, el diagrama Hertzprung-Rusell o también llamado diagrama HR.

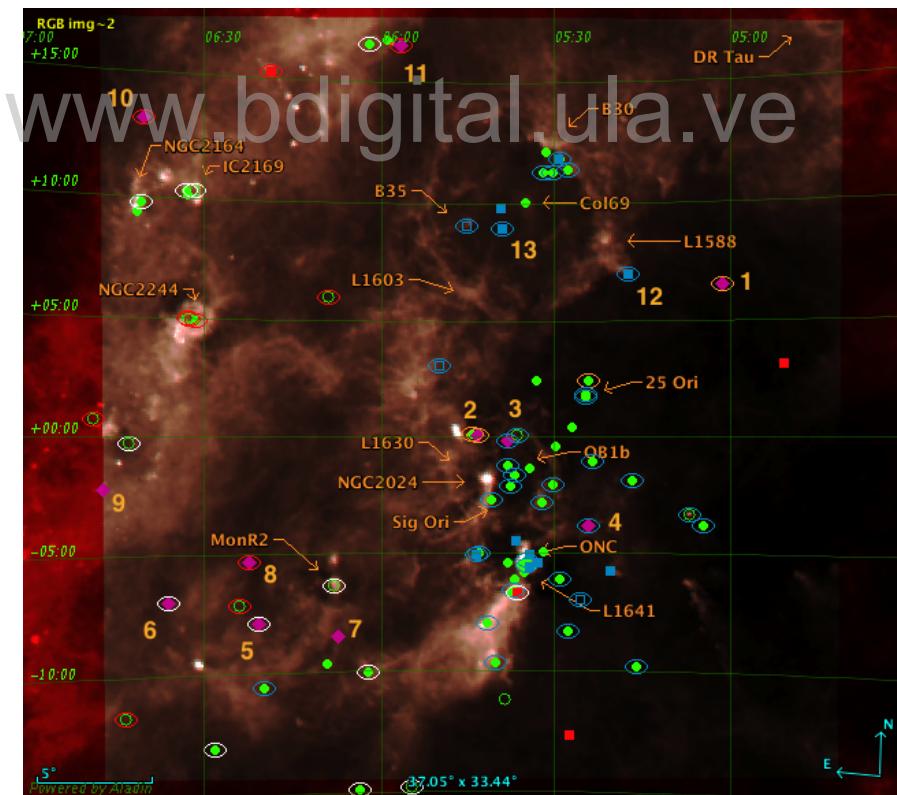
El cálculo de la luminosidad se realizó a partir de su relación con la magnitud absoluta, a la cual se le realizó previamente tanto corrección por extinción como bolométrica:

$$L = 10^{-0.4(M_{Bol} - M_{Bol\odot})} \quad (5.1)$$

En cuanto a la temperatura efectiva, ésta fue determinada utilizando el tipo espectral obtenido en esta investigación y la calibración dada por Kenyon y Hartmann (1995)^[57]. Para la fotometría, se utilizan las potencialidades de APASS para las estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico}, con el fin de minimizar los errores fotométricos al tener la particularidad de ser un catálogo multiépoca^[38]. Sin embargo, se presentan algunos

5.2 Diagrama Hertzsprung-Russell

Figura 5.3: Distribución espacial de las 93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} en la región de estudio en Orión por rangos de distancia GAIA. La imagen nos muestra las 93 estrellas candidatas ópticas HAeBe en función de su distancia GAIA representada con símbolo óvalo abierto. Para los rangos $D_G \leq 300$ pc, se usa el óvalo color naranja, $300 < D_G \leq 550$ pc el óvalo color azul, $600 < D_G \leq 800$ pc el de color blanco y para $D_G > 800$ pc el de color rojo. Se mantiene misma caracterización en símbolos de la distribución espacial del grupo C_HAeBe_{Óptico} de la figura 4.2. Se destacan las candidatas a IMTTS con el número 12 y 13. Código de numeración IMS :1) 05011655+0632457, 2) 05432925+0004589, 3) 05380923-0010557, 4) 05240600-0349472, 5) 06205595-0754362, 6) 06354901-0700034, 7) 06072583-0831044, 8) 06223938-0519474, 9) 06463115-0212464, 10) 06395636+1311001 y 11) 05563730+1628350, IMTTS: 12) 05172593+0700223 y 13) 05390232+0856123.



5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

casos en que la incertidumbre fotométrica alcanza o supera el valor de 1 mag que en su defecto impactan directamente en los errores propagados a partir de ella. Para los casos sin correspondencia en APASS se completó con KHAR09+.

En la estimación de la extinción en el visual A_V y de su corrección bolométrica BC , se usaron las tablas de calibración de Kenyon y Hartman 1995^[57]. El A_V fue determinado a partir de los excesos de color $E_{[B-V]}$ y $E_{[V-J]}$ usando los colores intrínsecos y propagando el error en base a las incertidumbres fotométricas. Basados en el resultado de Hernández et al. 2005^[43], en el que se sugiere una ley de extinción $R_V > 3.1$ debido al efecto del polvo de origen circunestelar, se exploran dos escenarios para diversas leyes de enrojecimiento ($R_V = 3.1$ y 5.0) mediante las siguientes relaciones dependientes del R_V de Cardelli, Clayton y Mathis (1990):

$$A_{V[B-V]} = \frac{E_{[B-V]}}{\frac{A_B}{A_V}(R_V) - 1} \quad (5.2)$$

$$A_{V[V-J]} = \frac{E_{[V-J]}}{1 - \frac{A_J}{A_V}(R_V)} \quad (5.3)$$

En la figura 5.4 se comparan los A_V calculados para las distintas leyes de extinción, y se puede notar una mejor correspondencia de la correlación lineal de la muestra con respecto a la línea de pendiente 1 en el caso de $R_V = 5.0$. Cabe destacar que a pesar de que la muestra presenta casos con grandes incertidumbres, los datos asociados a la muestra de las 11 candidatas a nuevas HAeBe (puntos amarillos), yacen dentro de rangos aceptables de confiabilidad, tal y como se destaca en los paneles inferiores de la figura.

La propagación general de errores para la luminosidad, toma en cuenta la asimetría en el cálculo de la incertidumbre de la distancia a partir de los paralajes GAIA. Solo en los casos en los que la incertidumbre en la medida fue superior a la misma, no pudo estimarse una distancia por lo que esos casos se presentan sin barra de error en los diagramas HR de las figuras 5.5 y 5.6 .

Es de importancia mencionar que los caminos evolutivos e isócronas utilizados en nuestros diagramas HR se basan en los modelos de PISA^[110] y para masas mayores a $7 M_\odot$ se utilizaron los de Bernasconi^[3]. En general, para definir el punto de inicio en los caminos evolutivos en los objetos PMS se hace uso del término “birthline” o línea de nacimiento, la cual se define como “el locus en el diagrama HR donde las estrellas de

5.2 Diagrama Hertzprung-Rusell

PMS de distintas masas aparecen por primera vez como objetos visibles” de acuerdo a Stahler, 1983^[101]. En virtud de que la evolución hidrodinámica de una protoestrella es tema muy debatido actualmente, los modelos de PISA siguen una aproximación estándar para definir esta condición inicial, la cual consiste en la elección de un punto en el camino de Hayashi, en el cual una protoestrella completamente convectiva empieza una contracción cuasi-estática a masa constante, es decir, despreciando cualquier episodio de acreción de masa^[110].

El estudio comparativo de las luminosidades en función de las distintas leyes de extinción R_V , nos permite evidenciar que para $R_V = 5.0$ una mayor cantidad de valores de luminosidad del grupo C_HAeBe_{Óptico} se posicionan por encima de la ZAMS respecto al de 3.1, en concordancia con la ley de extinción sugerida por Hernández et al. 2005^[43] (ver figuras 5.5 y 5.6). Tomando como punto de referencia el mejor escenario ($R_V=5.0$), en términos generales 55/93 las estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} con GAIA, conservan posiciones sobre o por encima de la ZAMS. Solo 5/93 estrellas resultaron por debajo de las ZAMS (05432925+0004589, 05380526-0115216, 05160047-0948353, 05370245-0137213 y 06021488-1000595).

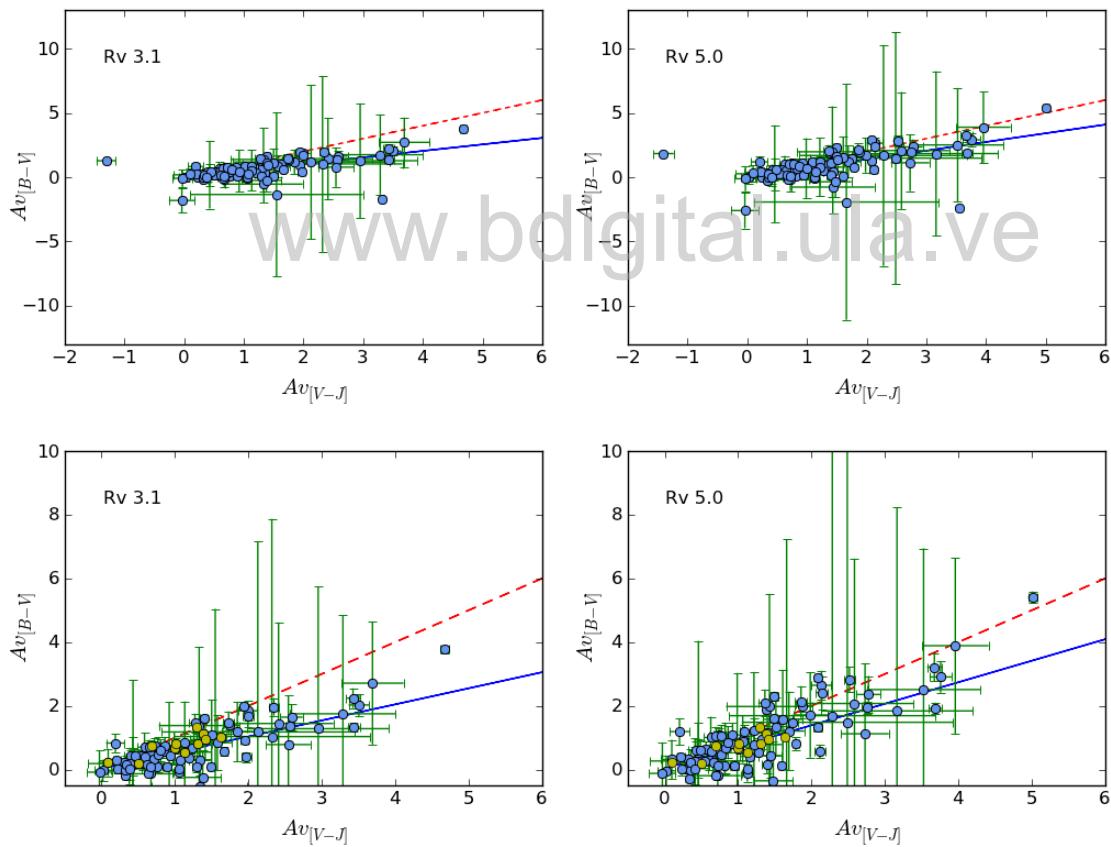
Del mismo modo, los resultados en este escenario permiten notar que de las 9 candidatas nuevas a estrellas HAeBe con GAIA (símbolo estrella negra):

* Cinco lucen en rangos de masas y de tiempo favorables para clasificarlas como candidatas altamente probables a HAeBe. Específicamente, 06223938-0519474 (#8) presenta una edad 1 Maño con un rango de incertidumbre que le atribuye en cualquier caso menos de 3 Maños. 05380923-0010557 (#3) presenta una edad aproximada de 3 Maños. Luego le sigue 06205595-0754362 (#5) con una edad de 5 Maños, con una incertidumbre que ofrece la posibilidad de ubicarla tan joven como 1 pero no mayor de 10 Maños. En este orden, nos topamos con 06354901-0700034 (#6) y con 05240600-0349472 (#4) cuyas posiciones en el diagrama permiten inferir edades entre los 5 y 10 Maños.

* Cuatro se ubican en posiciones límites en edad que cuestionan la certeza en la membresía a categoría HAeBe. Empezando con las dos más luminosas, la 06395636+1311001 (#11) y la 05563730+1628350 (#10) su posición en el diagrama HR sugiere que podría tratarse de estrellas jóvenes con edades comprendidas entre 0.4 y 1 Maños en su límite

5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

Figura 5.4: Diagrama comparativo del valor de Av calculado a partir de [B]-[V] y [V]-[J] para distintos tipos Rv. La figura nos muestra la comparación de los valores de $Av_{[B-V]}$ y $Av_{[V-J]}$ para Rv 3.1 y 5.0, a partir de ella se puede notar que la correlación lineal (azul) mejora a favor de la correlación idónea o línea de pendiente 1 (segmentada roja) para Rv 5.0. Los paneles inferiores muestran un vista detallada destacando los Av para las estrellas candidatas a nuevas HAeBe (puntos amarillos).



5.2 Diagrama Hertzprung-Rusell

superior, pero con gran incertidumbre en el inferior, debido a dos factores principalmente: a) la ausencia de isócronas para edades menores y b) un estimado de error muy grande (caso #10) o la imposibilidad de estimar un error en el límite superior de distancia al contar con un error en la paralaje GAIA mayor a la medida (caso #11). En contraste a la extrema juventud derivada de su posición en el diagrama HR, estas estrellas no parecen estar asociadas a nebulosidades, hecho que va en contra de lo esperado para objetos extremadamente jóvenes (ver sección 5.4). Siguiendo con las dos menos luminosas: la 05432925+0004589 (#2) y 05011655 +0632457 (#1) se posicinan con relativa poca incertidumbre sobre la ZAMS, por lo que se trata de estrellas mayores a 10 Maños. Para valores mayores a este rango de edad, se espera que sobre el disco hayan actuado diferentes mecanismos físicos contribuyendo a la disipación de mismo^[43]. La razón por la cual, estas estrellas mantienen aún exceso a pesar de su edad requiere de mayor estudio para esclarecer los posibles escenarios que las expliquen.

Para completar las 11 candidatas y así tener un estimado de la luminosidad para las dos sin correspondencia en GAIA, se asume una distancia de D=800 pc, en consistencia con una distancia típica de las estrellas candidatas hacia la región de Monoceros (ver figura 5.3), con una incertidumbre propagada a partir de sus medidas fotométricas, representándolas en símbolo estrella pero en color amarillo. De éstas:

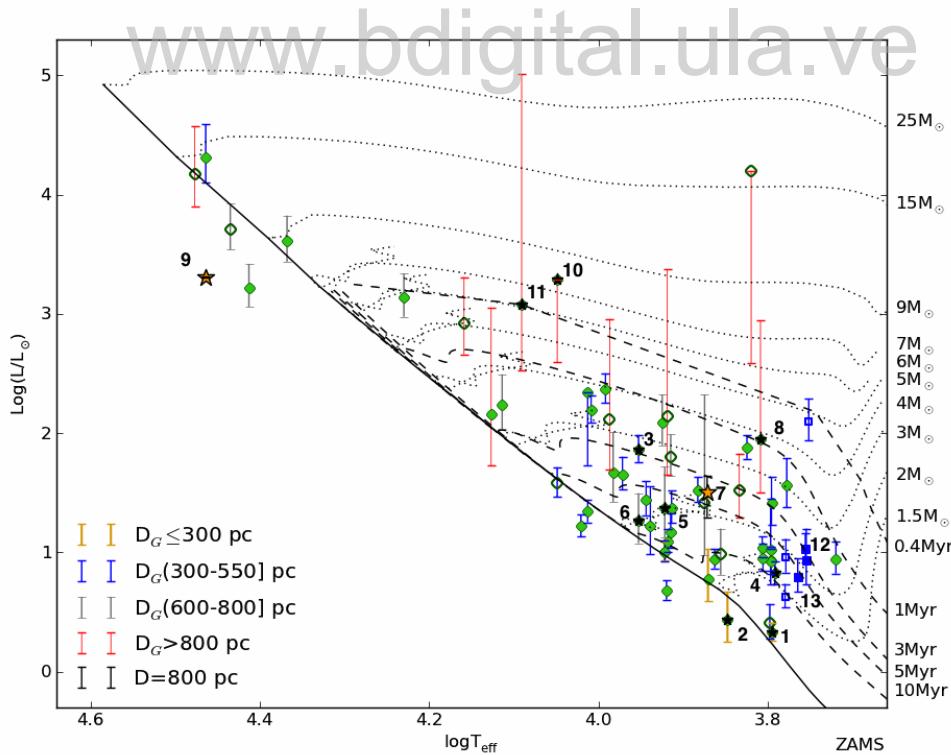
* 06072583-0831044 (#7) presenta una ubicación que le confiere un estimado en edad comprendido entre 5 y 10 Maños.

* 06463115-0212464 (#9) se sitúa por debajo de la ZAMS con una incertidumbre relativamente pequeña, esta situación no la excluye de seguir calificando como HAeBe, ya que se trata de una estrella que pudiera estar más lejos de la suposición inicial, a distancias estimadas entre los 1600 pc ($R_v=5.0$) y 2000 pc ($R_v=3.1$) e implicar una luminosidad real superior que pudiese ubicarla en una mejor posición respecto a la ZAMS a favor de una naturaleza PMS. En consecuencia, se requieren estudios adicionales para verificar el escenario real.

Finalmente, en cuanto a las candidatas en el régimen de las IMTTS, las estrellas 05172593+0700223 (#12) y 05390232+0856123 (#13) se ubican a una posible edad que ronda con una incertidumbre relativamente pequeña los 3 y 5 Maños respectivamente.

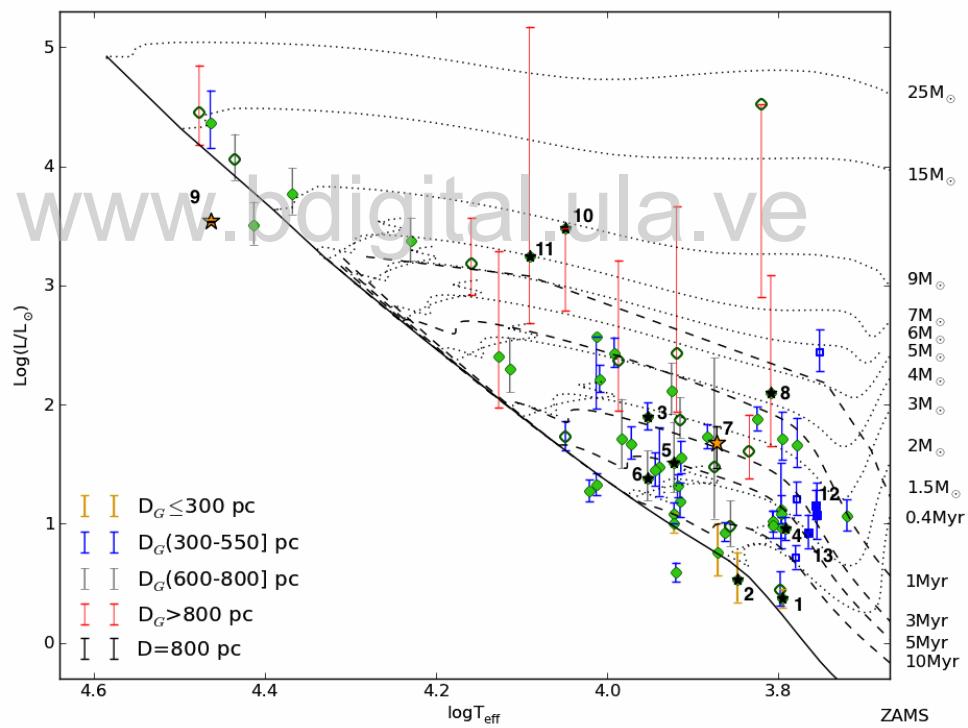
5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

Figura 5.5: Diagrama HR de las estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} con paralajes GAIA y Rv=3.1. Sobre los modelos estelares de PISA^[110] y Bernasconi^[3], se presentan en círculos verdes las estrellas candidatas del grupo C_HAeBe_{Óptico} clasificadas espectroscópicamente en el régimen de IMS y reportadas como HAeBe o YSOs , mientras que aquellas en el régimen de IMTTS se representan en cuadros azules. Se usan símbolos sólidos para aquellas con líneas de emisión, mientras los abiertos se reservan para aquellas que no las presentaron. Los colores en las barras de error son alusivos al rango en distancia GAIA a la que se encuentra cada estrella. Se destacan en símbolo estrella color negro las 9 candidatas a nuevas HAeBe con GAIA, para las 2 restantes sin correspondencia en dicho catálogo se utiliza color amarillo. Código de numeración para **IMS**: 1) 05011655+0632457, 2) 05432925+0004589, 3) 05380923-0010557, 4) 05240600-0349472, 5) 06205595-0754362, 6) 06354901-0700034, 7) 06072583-0831044, 8) 06223938-0519474, 9) 06463115-0212464, 10) 06395636+1311001 y 11) 05563730+1628350, caso **IMTTS**: 12) 05172593+0700223 y 13) 05390232+0856123.



5.2 Diagrama Hertzprung-Russell

Figura 5.6: Diagrama HR de las estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} con parámetros GAIA y Rv=5.0. Este diagrama tiene las mismas especificaciones que la figura 5.5. Se destaca la notable mejoría en correspondencia con los modelos estelares empleados al disminuir la cantidad de estrellas por debajo de la ZAMS.



5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

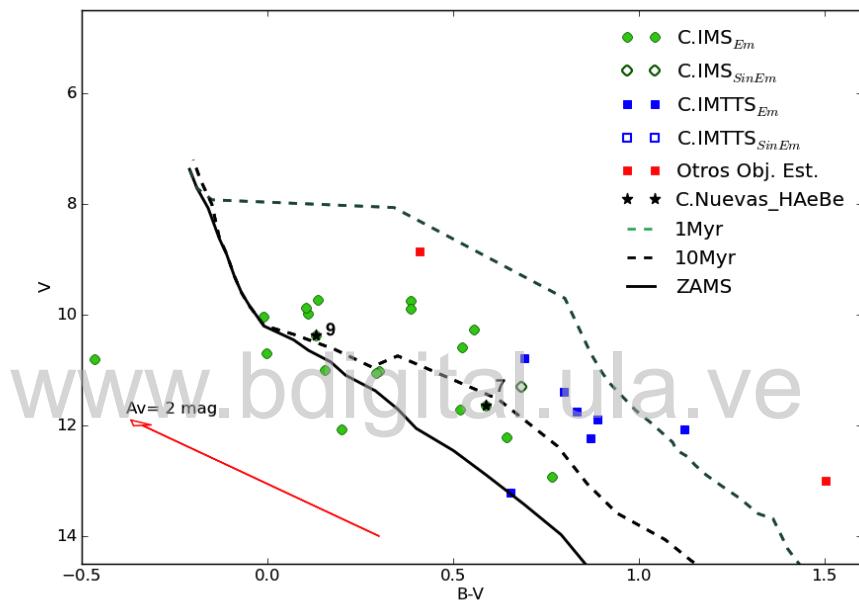
5.3 Diagramas color-magnitud

5.3.1 Diagrama color-magnitud B-V vs. V para las candidatas del grupo C_HAeBe_{Óptico} sin correspondencia en distancia GAIA

Otra prueba hacia la calificación de objeto estelar joven, usualmente empleada cuando no se conoce con certeza la distancia al objeto, es el diagrama color magnitud. Este diagrama ofrece la oportunidad, con la elección de modelos estelares para la ZAMS y un conjunto de isócronas ajustadas a la distancia de estudio típica, de establecer un marco de hipotético de referencia para las estrellas electas y verificar su correspondencia dentro de él. En la construcción del diagrama color magnitud B-V vs. V de la figura 5.7 se utilizaron los modelos estelares de Siess y Forestini^[98] ajustados a una distancia típica de 500 pc, con la representación de dos isócronas la de 1 y 10 Maños. A partir de este diagrama se puede verificar que 23/93 de la muestra sin correspondencia en distancia GAIA yace dentro de los límites establecidos entre las isócrona de 1 Maño y la ZAMS, dejando 6/93 estrellas fuera de los mismos y 3/93 carentes de valor en el filtro B. Considerando las dos candidatas sin distancia GAIA, en el caso de la 06072583-0831044 (#7) una corrección por extinción pudiese posicionarla aún dentro del rangos aceptables del diagrama, mientras que 06463115-0212464 (#9) pudiese salirse del marco referencial dependiendo del valor Av de corrección.

5.3 Diagramas color-magnitud

Figura 5.7: Diagrama color magnitud B-V vs. V de 29/93 de las estrellas del grupo C.HAeBe_{Óptico} sin correspondencia en distancia GAIA. *Panel superior.* La imagen reúne 29/93 de las estrellas clasificadas en función de su espectro. Las 2 estrellas candidatas a nuevas HAeBe se representan en símbolo estrella color negro, para las demás especificaciones en simblos se mantienen las establecidas en la figura 4.2. La ZAMS e isócronas (1 Maños y 10 Maños) de Siess y Forestini^[98], ajustadas a la distancia típica de 500 pc se señalan en el gráfico a manera de referencia.



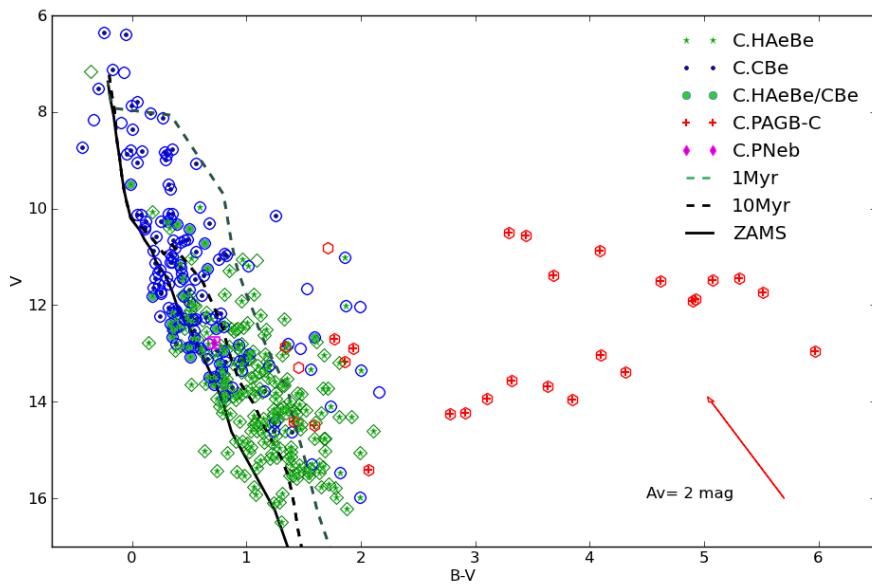
5.3.2 Diagrama color-magnitud B-V vs. V para candidatas sin correspondencia óptica en KHAR09+

Tomando en consideración el esquema de selección fotométrica en función de la etiqueta de identificación preliminar, la figura 5.8 nos muestra una imagen de la posible distribución de candidatas en el DCM B-V vs. V de las 365/674 estrellas con correspondencia óptica en APASS no presentes en KHAR09+. La vista de la imagen pone en evidencia cuatro notables sectores: el sector de las HAeBe el cual a gran mayoría se extiende abarcando toda la región demarcada por la ZAMS y 1 Maño, el sector de las CBe, el cual interesantemente concentra una gran cantidad de candidatas en una aglomeración en la región confinada entre 10 Maños y la ZAMS, un sector intermedio (HAeBe/CBe) entre los dos primeros sectores hacia una zona confinada también entre

5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

10 Maños y la ZAMS, y por último esta el sector de las candidatas a PAGB-C el cual se sale de los límites 1Maño-ZAMS en una región que se extiende notablemente más allá del sector HAeBe hacia colores más rojos. Además, aunque en el caso de las PNeb no demarca una región, se destaca la posibilidad de existencia de una candidata fuerte a PNeb hacia el sector de locus compartido HAeBe/CBe. La segregación observada en este diagrama en función de los resultados de la pre-identificación fotométrica pone en evidencia ciertas zonas dominantes que pueden utilizarse como una herramienta útil de selección y/o análisis.

Figura 5.8: Diagrama color magnitud B-V vs. V de las 365/674 candidatas con correspondencia óptica en APASS no presentes en KHAR09+. La imagen nos muestra 365/674 estrellas candidatas C_HAeBe con correspondencia en el catálogo óptico APASS. Su representación se rige en base a la etiqueta Phot_Pre-Id, donde símbolo estrella en verde indicaría estrellas en el locus HAeBe h, punto azul identifica estrellas en el locus CBe b, círculo sólido cyan estrellas en locus HAeBe/ CBe hb y rombos magenta para las estrellas en locus de PNeb p. Las regiones generales se muestran en figuras abiertas: rombos verdes R1, círculos azules R2, hexágonos rojos R3 y finalmente cuadros magenta la región 4.



5.3 Diagramas color-magnitud

5.3.3 Diagrama color-magnitud G-J vs. G para candidatas sin correspondencia óptica KHAR09+ o APASS

Para los casos sin correspondencia en el óptico de APASS o KHAR09+, se construye un DCM G-J vs. G basados en la banda blanca G de GAIA, en este sentido, el diagrama de la figura 5.9 nos muestra las 96/674 estrellas en esta condición. Las isócronas se derivaron a partir de los modelos de Siess y Forestini, llevados al sistema de referencia GAIA mediante la ecuación de transformación de Jordi et al. (2010)^[52] :

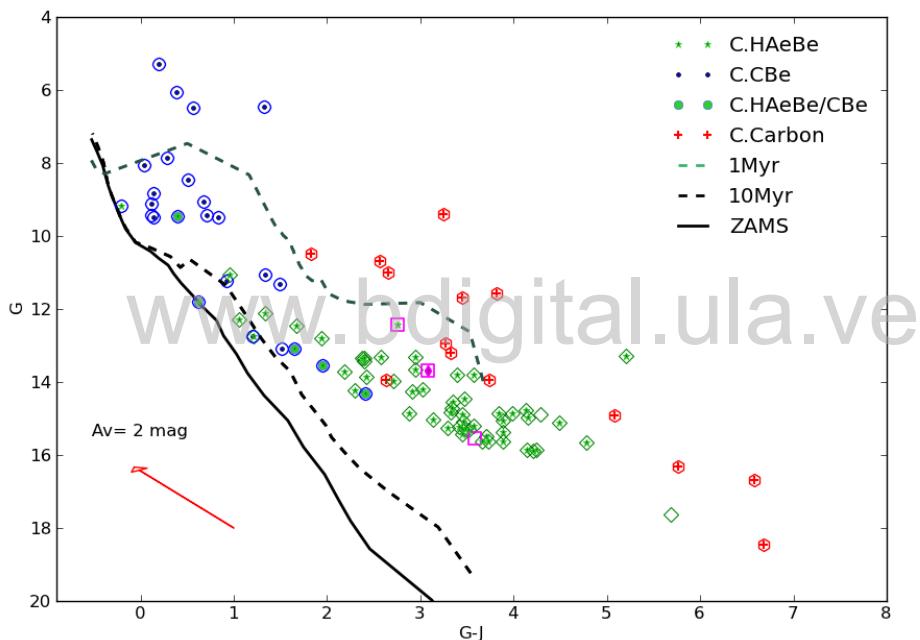
$$G_o = V_o - 0.0257 - 0.0924[V - Ic]_o - 0.1623[V - Ic]_o^2 + 0.0090[V - Ic]_o^3 \quad (5.4)$$

donde los colores se enmarcan en el sistema Cousins. Cabe destacar que su representación se hace sobre la base de su etiqueta de pre-identificación fotométrica Phot_PreId. A partir de esta aproximación podemos notar que la mayoría de las candidatas a estrellas HAeBe yacen dentro de los límites enmarcados por la isócrona de 1 Maño y la ZAMS, aún y cuando se prevea una corrección por extinción máxima de 2 mag. De igual forma, nos presenta dentro de los mismos límites la posible distribución de contaminantes candidatas a estrellas AGB-C, así como también PNeb y CBe, siendo esta última la de mayor cuantía en el caso. También se destacan otras de estas contaminantes, mayoritariamente ACB_C pero sin mayor relevancia ya que se ubican fuera de los límites de interés del estudio. Cabe mencionar que 120 estrellas no se analizaron en los diversos diagrama color-magnitud de esta sección ya que no poseen correspondencia en los catálogos KHAR09+, APASS ni GAIA.

Finalmente, se realiza un análisis que involucra la muestra completa de las 581/674 estrellas sin correspondencia en KHAR09+ a luz de su etiqueta de pre-identificación fotométrica, obteniéndose así, un pronóstico de su distribución de acuerdo a tipo de objeto. Los resultados de este análisis se presentan en la **tabla D.1**.

5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

Figura 5.9: Diagrama color magnitud G-J vs. G de las 96/674 candidatas sin correspondencia óptica KHAR09+ o APASS La imagen nos muestra 96/674 estrellas candidatas C_HAeBe las cuales aunque no poseen correspondencia en el óptico pero si la tienen en la banda blanca G de GAIA. Su representación se rige en base a la etiqueta Phot_Pre-Id, donde el símbolo estrella en verde indicaría estrellas en el locus HAeBe h, punto azul identifica estrellas en el locus CBe b, círculo sólido cyan estrellas en locus HAeBe/ CBe hb y rombos magenta para las estrellas en locus de PNeb p. Las regiones generales se muestran en figuras abiertas: rombos verdes R1, círculos azules R2, hexágonos rojos R3 y finalmente cuadros magenta la región 4.



5.4 Diagramas de sobredensidad

Suele considerarse un indicio de juventud tanto en las estrellas de baja masa (Joy 1945)^[53] así como en las de masa intermedia (Herbig 1960)^[40], la estrecha correlación espacial con nebulosas de reflexión o nubes oscuras en su vecindad inmediata que pudiese representar material primigenio remanente, así como también, la concentración o agrupamientos de estrellas en regiones de manera no aleatoria en las cercanías o inmerso dentro de estas densas nubes moleculares, donde coexisten estrellas jóvenes con diferentes rangos de masa. Tales agrupaciones desde el punto de vista observacional

5.4 Diagramas de sobredensidad

se caracterizan por un número intrínsecamente mayor de estrellas de baja masa en el régimen solar respecto a las más masivas ($m > 2M_{\odot}$). Generalmente en estas agrupaciones, las estrellas con edades < 1 Maño no pueden viajar muy lejos de sus sitios de formación de acuerdo a sus velocidades típicas ($1-2 \text{ km s}^{-1}$) respecto al gas molecular^[37].

Tomando en consideración estas particularidades naturales en la formación estelar, se revisaron las imágenes ópticas de las 11 estrellas candidatas a nuevas HAeBe, en busca de vinculación con nebulosidad primigenia en su vecindad inmediata, sin embargo no fueron observadas nebulosidades oscuras o de reflexión cerca de la línea de visión de la candidata.

En consecuencia, se continuó con el estudio de la vinculación tanto de las estrellas candidatas a HAeBe como de las candidatas IMTTS a agrupaciones de estrellas, que denotaremos sobredensidad de estrellas o simplemente sobredensidades, dentro de un radio no superior a la distancia máxima estimada por dispersión típica. Asumiendo una velocidad de dispersión de 2 km/s y una edad de 10 Maños, la distancia recorrida por una estrella desde su punto de origen sería de 20.4 pc. Con la distancia estimada para la candidata podemos obtener la distancia de máximo recorrido en unidades angulares. Debido que 2 km/s representa un valor superior de velocidad típica de dispersión^[37], y que estamos asumiendo que la velocidad es solo transversal, este valor es un límite superior de distancia recorrida.

Para el estudio se crean dos mapas de densidad a partir de los objetos en común entre los catálogos 2MASS y GAIA, utilizando un programa IDL que divide la región en 256x256 bins para realizar el conteo de candidatas. La densidad numérica esta dada en valores de número de candidatas dentro de cada pixel del mapa, el cual corresponde a un cuadro de 0.08×0.08 pc. El primer mapa se hace a partir de los objetos por encima de la isócrona de 50 Maños colocada a la distancia estimada de la candidata (candidatas PMS) en un DCM G-J vs. G, mientras el segundo mapa, se construye a partir de un subconjunto de candidatas PMS localizadas en el locus de HAeBe asociadas a PMS-claseII (locus h en figura 3.2).

Usando el programa Aladin, se realiza una imagen a color compuesta con los mapas siguientes: el de polvo SFD (rojo), el densidad de candidatas PMS (azul) y el de densidad de candidatas PMS-claseII (verde). Para finalizar, se representaron isocontornos de candidatas PMS-claseII. La figura **5.10** muestra los mapas centrados en cada una de

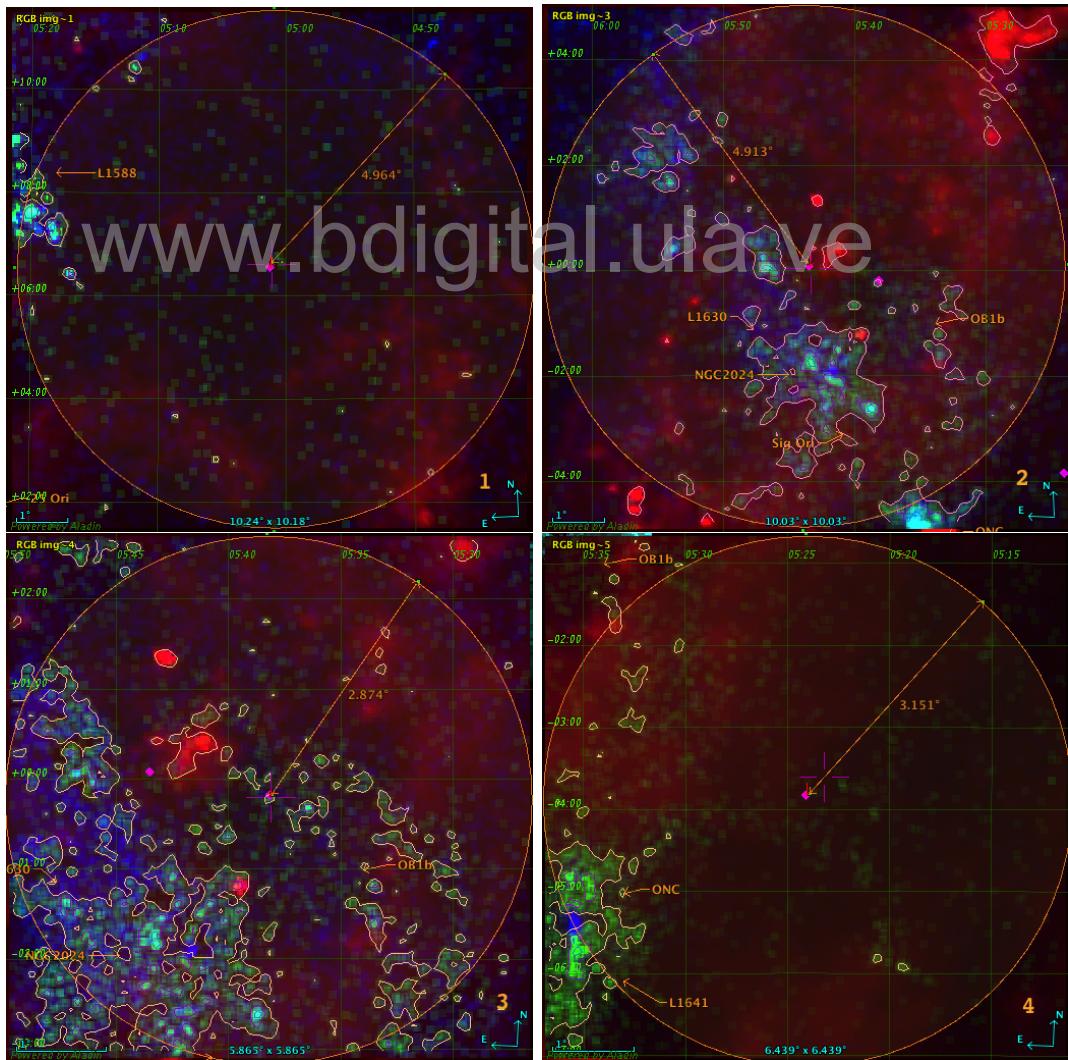
5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

las candidatas HAeBe con el círculo de máximo recorrido estimado con la distancia de la misma. Por razones de simplicidad de formato, se continúan con los mapas restantes en la figura **apéndice E.1**.

A partir de estos resultados se puede notar que las candidatas que albergan dentro del radio de vinculación probable a alguna sobredensidad extensa en el régimen IMS son: #2, #3. Otras que alcanzan vincularse con alguna sobredensidad extensa al borde son: #1, #4, y #11. La #9 parece tener alguna sobredensidad pequeña relativamente cerca a la candidata, mientras otro grupo: #5, y #7 presenta pequeñas sobredensidades al borde o cercano a éste. Ahora bien, el conjunto de la #8 y #10 no parecen tener vinculación con sobredensidad distintiva alguna, ya que se presentan sobre un patrón relativamente homogéneo, lo cual pudiese ser en parte a que su D_G es alta (1933^{+4101}_{-782} pc y 3984^{+None}_{-2191} pc respectivamente) con grandes incertidumbres que dificultan un mejor corte de brillo que pudiese dar un mejor contraste a la sobredensidad de la región. En el caso de la #6, el patrón aunque se asemeja al del conjunto anterior, se puede apreciar un repunte en la densidad de la población PMS (azul) hacia el costado derecho del panel. En cuanto a las candidatas a IMTTS, ambas (#12, #13) se vinculan a sobredensidades extensas cercanas.

Finalmente, a manera de síntesis general, la tabla 5.1 reúne los aspectos más relevantes en la confirmación de las 11 candidatas a estrellas HAeBe y de las 2 a IMTTS desde el punto de vista de su exceso infrarrojo mediante su Phot.PreId y de su posición en el Diagrama HR (col 8, col 9 y col 10 respectivamente) incluyendo los resultados de este apartado tanto para la revisión visual de vinculación a nebulosidad (Nb_Inm) como para la asociación con sobredensidad cercana (col 11 y col 12 respectivamente). El orden que sigue es bajo el mismo número de su distribución espacial ($N_{DistEsp}$). A cada aspecto se le adjudica un valor arbitrario que en caso de ser consistente con aspectos directos de estrellas HAeBe éstos contribuyen aditivamente y en caso de no serlo se le atribuye cero o un valor negativo, de acuerdo al código de valoración al pie de tabla. En este sentido, el índice Σ (col 13) representa la suma de estos aspectos el cual mientras más cercano a 7 (valor máximo) más avala la clasificación a HAeBe de la estrella.

Figura 5.10: Diagramas de sobredensidad en torno a candidatas a nuevas HAeBe e IMTTS. El mosaico es una representación RGB de las imágenes de: a) Mapa de polvo SFD, 1998 (rojo), b) Mapa de sobredensidad de estrellas PMS por encima de la isócrona de 50 Maños pertenecientes al locus HAeBe en DCC J-K vs. K-[22 μ m] (verde) y c) Mapa de sobredensidad de estrellas PMS por encima de la isócrona de 50 Maños (azul). Los paneles presentan los resultados para cada candidata centrada en la imagen. El área encerrada por el círculo naranja demarca la zona de extensión del radio de vinculación, cuyo valor representa el límite superior en distancia angular que pudiese haber recorrido la estrella a la velocidad típica de 2 km s^{-1} en 10 Maños. El número del panel es alusivo al mismo número de identificación del mapa de distribución espacial. Continúa en la figura **apéndice E.1**. Código de numeración para IMS: 1) 05011655+0632457, 2) 05432925+0004589, 3) 05380923-0010557, 4) 05240600-0349472.



5. INDICADORES ADICIONALES DE JUVENTUD

Tabla 5.1: Tabla de valoración de aspectos consistentes con objetos estelares jóvenes: estrellas HAeBe o IMTTs.

N _{DistEp}	RA(j2000)	DEC	Nombre	2MASS.ID	Valoración de pruebas						Nb.Inm ³	Sobredensidad ⁴ (Max: 7)	Σ
					Phot.PreId	SpT	Phot.PreId ¹	Region.HR ^a (D _G)	Region.HR ^b (800pc)				
1	05:01:16.56	06:32:45.70		TYC 110-426-1	05011655+0632457	h1	F8	2	-1	0	0	1	2
2	05:43:29.25	00:04:58.90	V* GT Ori	TYC 4767-1407-1	05432925+0004589	h1	F1	2	-1	0	0	2	3
3	05:38:09.26	-00:10:56.00	HD 294083	TYC 4810-0600-1	05380923-0010557	h1	A2	2	2	0	0	2	6
4	05:24:06.01	-03:49:47.20		2MASS J06205595-0754362	06205595-0754362	h1	F8	2	2	0	0	1	5
5	06:20:55.96	-07:54:36.20		TYC 4810-0600-1	06205595-0754362	h1	A4	2	2	0	0	0	4
6	06:35:49.01	-07:00:03.40		TYC 4810-0600-1	06354901-0700034	h1	A2	2	2	0	0	0	4
7	06:07:25.83	2MASS J06072583-0831044		TYC 4793-398-1	06072583-0831044	h1	A9	2	0	2	0	0	4
8	06:22:39.38	-05:19:47.50	HD 292364	TYC 478-2057-1	06223938-0519474	h1	F5	2	2	0	0	-1	3
9	06:46:31.16	-02:12:46.50		TYC 478-2057-1	06463115-0212464	h1	B0	1	0	-2	0	1	0
10	06:39:56.36	13:11:00.20		TYC 478-2057-1	06395636-1311001	h1	B8	2	-1	0	0	-1	0
11	05:56:37.31	16:28:35.00	TYC 1312-1344-1	05563730-1628350	h1	B8	2	-1	0	0	0	1	1
12	05:17:25.94	07:00:22.40	IRAS 051747+0657	05172593+0700223	h1	G6	2	2	0	0	0	2	6
13	05:39:02.33	08:56:12.40	2MASS J05390232+0856123	05390232+0856123	h1	G3	2	2	0	0	0	2	6

Código de valoración

1 Phot.PreId: h= 2, hb y hp=1, b,c,p= -1 .

2a Region-HR(Dg): Regiones 0.4-10 Manos= 2, t<0.4 Manos o [10 Manos-ZAMS] =-1, Por debajo de ZAMS = -2, Sin distancia GAIA D_G=0

2b Region-HR(800pc): Regiones 0.4-10 Manos= 2, t<0.4 Manos o [10 Manos-ZAMS] =-1, Por debajo de ZAMS=-2, Con distancia GAIA D_G=0

3 Nb.Inm: Nebulosidad en vecindad inmediata= 1 , Ausencia= 0

4 Sobre densidad: Extenso dentro de Radio de Vinculación=2, Extenso en el borde o pequeña cercana a la candidata=1, pequeña al borde o cercano a éste=0, Ausencia de sobredensidad distintiva= -1

Capítulo 6

Conclusiones

Este trabajo ha desarrollado un esquema de selección basado en fotometría infrarrojo WISE-2MASS enfocado principalmente en la realización de un censo a gran escala de estrellas HAeBe en las regiones de formación estelar de la constelación de Orión. Luego de la aplicación del mismo en la región de estudio, comparación e interpretación de resultados en cada fase, hemos llegado a las siguientes ideas concluyentes:

* El esquema de selección determinó 674 estrellas con exceso infrarrojo candidatas potenciales a estrellas HAeBe, 810 candidatas estrellas TD/DD y 2495 candidatas a estrellas LT. Centrando nuestra atención en la muestra del corte HAeBe-2MASS, la comparación con estrellas HAeBe conocidas (compilación HER18) en la región de estudio, nos permitió determinar una recuperación del $\sim 88\%$ (respecto a la región de estudio), representando una notable mejoría respecto al esquema de Koenig et al. 2014^[61], en el cual la recuperación se sitúa en $\sim 30\%$. Cabe destacar que el método de Koenig et al. 2014 posee cortes adicionales diseñados para limpiar contaminantes extragalácticos, los cuales comienzan a ser importantes para fuentes más débiles que $J=13$ magnitudes. Por otro lado, nuestro método inicialmente requiere un corte en brillo, el cual lo hace más adecuado para regiones de formación estelar relativamente cercanas (distancias $< 1\text{kpc}$) y aumenta la eficiencia de recuperación de objetos estelares dentro del corte de brillo considerado.

* En nuestro análisis espectroscópico se determinaron homogéneamente los tipos espectrales para 90 de las 93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico}, obteniéndose un 60.22% de objetos en el régimen IMS y un 11.83% en el IMTTS con H α en emisión. Considerando las candidatas con posible "fill-up" (7 IMS+ 2 IMTTS) el porcentaje de

6. CONCLUSIONES

los potenciales objetos estelares jóvenes dentro de los mencionados regímenes de masa podría ser del 81.72% (ver tabla 4.6). El porcentaje restante obedece a objetos: a) sin emisión en H α , b) clasificados explícitamente como otro objeto estelar o sin clasificación en SPTCLASS. Cabe destacar que en esta muestra solo yace el 65.51% de las estrellas reportadas como HAeBe de acuerdo a la compilación HER18 en la región de estudio.

* El análisis en cuanto a las referencias de las 93 estrellas del grupo C_HAeBe_{Óptico} permitió constatar la existencia de 11 estrellas en el régimen IMS y 2 en el IMTTS con bajo o nulo número de referencias permitiendo postularlas como nuevas candidatas a HAeBe o IMTTS según el caso. El estudio de aspectos como su exceso infrarrojo, su ubicación en el diagrama HR, su relación directa con una nebulosidad en la vecindad inmediata y con el radio de vinculación a una sobredensidad estelar cercana (ver tabla 5.1) puso en evidencia que de las estrellas en el régimen IMS con distancia GAIA, 4 estrellas: 05240600-0349472 (#4), 06205595-0754362 (#5), 06354901-0700034 (#6) y 05380923-0010557 (#3) reunieron un número considerable de aspectos a favor de calificarlas como candidatas muy probables a estrellas HAeBe. Del mismo modo 05172593+0700223 (#12) y 05390232+0856123 (#13) se califican como estrellas IMTTS muy probables. Por otra parte, dentro de las que acumularon menos aspectos destacan: 06223938-0519474 (#8), la cual a pesar de tener una posición en el diagrama HR consistente con las HAeBe, su no vinculación a sobredensidad le resta posibilidades, 05432925+0004589 (#2) y 05011655+0632457 (#1), cuya ubicación en el diagrama HR sugiere que podrían tratarse de estrellas mayores a 10 Maños que presentan disco, las razones por las que en estas estrellas exhiben discos a edades en las que se espera ya estén disipados deberá ser objeto de futuros estudios para esclarecer esta condición. De igual forma destacan también 06395636+1311001 (#10) y 05563730+1628350 (#11) las cuales para ser tan jóvenes se esperaría que hubiese indicio de nebulosidad inmediata y no se evidencia, por lo que podrían asociarse en su defecto a estrellas Post-Secuencia Principal (Post-MS) cuya luminosidad es relativamente alta (ej. PAGB). Finalmente, dentro de aquellas sin correspondencia GAIA, para las cuales se supuso una distancia de 800 pc típica de la región de Monoceros, destaca 06072583-0831044 (#7), como candidata muy probable a ser HAeBe, mientras que 06463115-0212464 (#9), no califica como candidata muy probable al tener la menor calificación, ya que aún usando distintos Rv (3.1 y 5.0) no alcanza a posicionarse por encima de la ZAMS. Estimaciones en distancia asumiendo las distintas

leyes de extinción ($R_V = 3.1$ y 5.0) sugieren que la distancia debería ser, respectivamente, del orden de los 2000 pc o los 1600 pc para poder posicionarse en ella. Cabe resaltar, que la subjetividad en estas apreciaciones está supeditada a la incertidumbre que brinda el desconocimiento de sus distancias reales, en este sentido, se espera que los próximos lanzamientos de datos GAIA permitan esclarecer el escenario real.

* La importancia del método de pre-identificación fotométrica como complemento de resultados de selección fotométrica inicial, radica en su capacidad de hacer una predicción preliminar más refinada de las candidatas a HAeBe en función de sus posibles contaminantes. En este sentido, considerando al grupo C_HAeBe_{Óptico} (subgrupo de $93/674$ candidatas del corte HAeBe-2MASS) como muestra, el método predice un 87.10% (o 12.01% respecto a la muestra total) en objetos estelares tipo HAeBe, sin embargo, la comparación directa con los resultados espectroscópico de la misma muestra (ver tabla 4.6), indicaron la existencia de al menos un 60.22% de candidatas con H α en emisión en dicho régimen. Este resultado aunado al otro 11.83% de candidatas potenciales en el régimen IMTTS y al 9.67% de candidatas en condición de fill-up, ofrecen un 81.72% (11.27% respecto a la muestra total) de posibles objetos estelares jóvenes, siendo de igual forma un alto porcentaje en objetos interesantes para estudios de formación estelar. En base a las $581/674$ estrellas restantes del corte HAeBe-2MASS, se predice un 40.05% de objetos estelares candidatos a HAeBe, 5.34% en objetos que comparten locus HAeBe (hb y hp), 18.10% para tipo CBe, 18.10% para estrellas tipo AGB-C, 0.15% para tipo PNeb, 4% para estrellas fuera de algún locus y finalmente, 0.44% para candidatas sin valores en la banda W4 ($22 \mu\text{m}$) de WISE.

6. CONCLUSIONES

www.bdigital.ula.ve

Bibliografía

- [1] ALKSNIS, A., BALKLAVS, A., DZERVITIS, U., EGLITIS, I., PAUPERS, O., AND PUNDURE, I. VizieR Online Data Catalog: General Catalog of galactic Carbon stars, 3d Ed.(Alksnis+ 2001). *VizieR Online Data Catalog* 3227 (2001). 39
- [2] APAI, D., AND LAURETTA, D. S. *Protoplanetary dust: astrophysical and cosmochemical perspectives*, vol. 12. Cambridge University Press, 2010. 36
- [3] BERNASCONI, P. A., AND MAEDER, A. About the absence of a proper zero age main sequence for massive stars. *Astronomy and Astrophysics* 307 (1996), 829–839. 68, 72
- [4] BESSELL, M., AND BRETT, J. JHKLM photometry: Standard systems, passbands, and intrinsic colors. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 100, 631 (1988), 1134. 26, 28
- [5] BRICENO, C. The Dispersed Young Population in Orion. *Handbook of Star Forming Regions, Volume I* 1 (2008), 838. 2
- [6] BRICENO, C., CALVET, N., ESPAILLAT, C., HARTMANN, L., HERNANDEZ, J., AND MUZEROLLE, J. A deep look at the evolution of 4-10 Myr old disks in Orion OB1. *Spitzer Proposal* 1 (2008), 50360. 5
- [7] BRICENO, C., HARTMANN, L., HERNÁNDEZ, J., CALVET, N., VIVAS, A. K., FURESZ, G., AND SZENTGYORGYI, A. 25 Orionis: A kinematically distinct 10 Myr old group in Orion OB1a. *The Astrophysical Journal* 661, 2 (2007), 1119. 19, 34
- [8] BRICENO, C., HARTMANN, L. W., STAUFFER, J. R., GAGNE, M., STERN, R. A., AND CAILLAULT, J.-P. X-rays surveys and the post-t tauri problem. *The Astronomical Journal* 113 (1997), 740–752. 27
- [9] BROWN, A., DE GEUS, E., AND DE ZEEUW, P. The Orion OB1 association. 1: Stellar content. *Astronomy and Astrophysics* 289 (1994), 101–120. 4
- [10] BROWN, A., WALTER, F., AND BLAAUW, A. In *The Orion Complex Revisited* (San Francisco: ASP, 1999b), M. J. M. A. Burkert, Ed., in ASP Conf. Ser., in press. 4
- [11] BROWN, A. G., VALLENARI, A., PRUSTI, T., DE BRUIJNE, J., MIGNARD, F., DRIMMEL, R., BABUSIAK, C., BAILER-JONES, C., BASTIAN, U., BIERMANN, M., ET AL. Gaia Data Release 1-Summary of the astrometric, photometric, and survey properties. *Astronomy & Astrophysics* 595 (2016), A2. 2, 64
- [12] CARPENTER, J. M., MAMAJEK, E. E., HILLENBRAND, L. A., AND MEYER, M. R. Evidence for mass-dependent circumstellar disk evolution in the 5 Myr old Upper Scorpius OB Association. *The Astrophysical Journal Letters* 651, 1 (2006), L49. 9
- [13] CHEN, P., SHAN, H., AND ZHANG, P. A new photometric study of Herbig Ae/Be stars in the infrared. *New Astronomy* 44 (2016), 1–11. 2, 5, 48, 51, 52
- [14] CHEN, P., AND YANG, X. A Catalog of Galactic Infrared Carbon Stars. *The Astronomical Journal* 143, 2 (2012), 36. 39
- [15] CUTRI, R., SKRUTSKIE, M., VAN DYK, S., BEICHMAN, C., CARPENTER, J., CHESTER, T., CAMBRESY, L., EVANS, T., FOWLER, J., GIZIS, J., ET AL. VizieR Online Data Catalog: 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources (Cutri+ 2003). *VizieR Online Data Catalog* 2246 (2003). 5
- [16] DAHM, S., AND HILLENBRAND, L. Spitzer observations of NGC 2362: Primordial disks at 5 Myr. *The Astronomical Journal* 133, 5 (2007), 2072. 9
- [17] DAVIES, J., EVANS, A., BODE, M., AND WHITTET, D. Photometric Monitoring of Pre Main-Sequence Stars-Part Three-Variability of Herbig Be-Stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 247 (1990), 517. 5, 8
- [18] DE ZEEUW, P., HOOGERWERF, R., DE BRUIJNE, J. H., BROWN, A., AND BLAAUW, A. A HIPPARCOS census of the nearby OB associations. *The Astronomical Journal* 117, 1 (1999), 354. 4
- [19] DULLEMOND, C., AND DOMINIK, C. Flaring vs. self-shadowed disks: The SEDs of Herbig Ae/Be stars. *Astronomy & Astrophysics* 417, 1 (2004), 159–168. 8, 12, 119
- [20] DULLEMOND, C., DOMINIK, C., AND NATTA, A. Passive irradiated circumstellar disks with an inner hole. *The Astrophysical Journal* 560, 2 (2001), 957. 8, 10
- [21] DULLEMOND, C., AND MONNIER, J. The Inner Regions of Protoplanetary Disks. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 48 (2010), 205–39. 10, 11, 119
- [22] EISNER, J., LANE, B., AKESON, R., HILLENBRAND, L., AND SARGENT, A. NIR Measurements of Herbig Ae/Be Stars. *The Astrophysical Journal* 588 (2003), 360–372. 10
- [23] EISNER, J., LANE, B., HILLENBRAND, L., AKESON, R., AND SARGENT, A. Inner Disks around Herbig Ae/Be Stars. *The Astrophysical Journal* 613 (2004), 1049–1071. 10
- [24] ENGELS, D. AGB and post-AGB stars. *arXiv preprint astro-ph/0508285* (2005). 37
- [25] ESPAILLAT, C. C. *The evolution of dusty disks around low-mass pre-main sequence stars*. PhD thesis, The University of Michigan, 2009. 8
- [26] FABREGAT, J. k Torrejon, JM, 2000. *A&A* 357, 451. 35
- [27] FABRICANT, D., CHEIMETS, P., CALDWELL, N., AND GEARY, J. The FAST spectrograph for the tillinghast telescope. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 110, 743 (1998), 79. iii, v, 6, 30

BIBLIOGRAFÍA

- [28] FEIGELSON, E., TOWNSLEY, L., GÜDEL, M., AND STASSUN, K. X-Ray Properties of Young Stars and Stellar Clusters. *Protostars and Planets V* 1 (2007), 313–328. 8
- [29] FINKENZELLER, U., AND MUNDT, R. The Herbig Ae/Be stars associated with nebulosity. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 55 (1984), 109–141. 3, 5, 8
- [30] FURLAN, E., HARTMANN, L., CALVET, N., D'ALESSIO, P., FRANCO-HERNÁNDEZ, R., FORREST, W., WATSON, D., UCHIDA, K., SARGENT, B., GREEN, J., ET AL. A survey and analysis of Spitzer infrared spectrograph spectra of T Tauri stars in Taurus. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 165, 2 (2006), 568. 53, 111, 112
- [31] GKOUVELIS, L., FABREGAT, J., ZOREC, J., STEEGHS, D., DREW, J., RADDI, R., WRIGHT, N., AND DRAKE, J. VizieR Online Data Catalog: IPHAS-selected classical Be stars (Gkouvelis+, 2016). *VizieR Online Data Catalog* 359 (2016). 39
- [32] GOTO, T., ARNOOTS, S., INAMI, H., MATSUHARA, H., PEARSON, C., TAKEUCHI, T. T., LE FLOC'H, E., TAKAGI, T., WADA, T., NAKAGAWA, T., ET AL. Luminosity functions of local infrared galaxies with AKARI: implications for the cosmic star formation history and AGN evolution. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 410, 1 (2011), 573–584. 18
- [33] GUANDALINI, R., AND BUSSO, M. VizieR Online Data Catalog: Infrared photometry of mass-losing AGB stars (Guandalini+, 2008). *VizieR Online Data Catalog* 348 (2008). 39
- [34] GÜDEL, M., BRIGGS, K. R., ARZNER, K., AUDARD, M., BOUVIER, J., FEIGELSON, E. D., FRANCIOSINI, E., GLAUSER, A., GROSSO, N., MICELA, G., ET AL. The XMM-Newton extended survey of the Taurus molecular cloud (XEST). *Astronomy & Astrophysics* 468, 2 (2007), 353–377. 9
- [35] HAMAGUCHI, K., YAMAUCHI, S., AND KOYAMA, K. X-ray study of herbig Ae/Be stars. *The Astrophysical Journal* 618, 1 (2005), 360. 8
- [36] HAMIDOUCHÉ, M., WANG, S., AND LOONEY, L. W. The X-Ray Origin of Herbig AeBe Systems: New Insights. *The Astronomical Journal* 135, 4 (2008), 1474. 8, 9
- [37] HARTMANN, L. *Accretion processes in star formation*, vol. 32. Cambridge University Press, 2000. 79
- [38] HENDEN, A., AND MUNARI, U. The APASS all-sky, multi-epoch BV_{r*gi*} photometric survey. *Contrib. Astron. Obs. Skalnate Pleso* 43 (2014), 518–522. 66
- [39] HENDEN, A., TEMPLETON, M., TERRELL, D., SMITH, T., LEVINE, S., AND WELCH, D. VizieR Online Data Catalog: AAVSO Photometric All Sky Survey (APASS) DR9 (Henden+, 2016). *VizieR Online Data Catalog* 2336 (2016). 34
- [40] HERBIG, G. H. The spectra of Be-and Ae-type stars associated with nebulosity. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 4 (1960), 337. 3, 6, 64, 78
- [41] HERBIG, G. H., AND BELL, K. R. Third Catalog of Emission-Line Stars of the Orion Population: 3: 1988. *Third catalog of emission-line stars of the Orion population., by G.H Herbig and K.R Bell. Lick Observatory Bulletin# 1111, Santa Cruz: Lick Observatory, Jun 1988, 90 p.* 1 (1988). 3
- [42] HERNÁNDEZ, J., CALVET, N., BRICENO, C., HARTMANN, L., AND BERLIND, P. Spectral Analysis and Classification of Herbig Ae/Be Stars. *The Astronomical Journal* 127, 3 (2004), 1682. 5, 7, 25, 26, 27, 46, 47
- [43] HERNÁNDEZ, J., CALVET, N., HARTMANN, L., BRICENO, C., SICILIA-AGUILAR, A., AND BERLIND, P. Herbig Ae/Be Stars in nearby OB associations. *The Astronomical Journal* 129, 2 (2005), 856. 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 26, 28, 68, 69, 71
- [44] HERNÁNDEZ, J., CALVET, N., HARTMANN, L., MUZEROLLE, J., GUTERMUTH, R., AND STAUFFER, J. Spitzer Observations of the λ Orionis Cluster. I. The Frequency of Young Debris Disks at 5 Myr. *The Astrophysical Journal* 707, 1 (2009), 705. 5, 9
- [45] HERNÁNDEZ, J., HARTMANN, L., MEGEATH, T., GUTERMUTH, R., MUZEROLLE, J., CALVET, N., VIVAS, A., BRICENO, C., ALLEN, L., STAUFFER, J., ET AL. A Spitzer space telescope study of disks in the young σ Orionis cluster. *The Astrophysical Journal* 662, 2 (2007), 1067. 2, 9
- [46] HERNÁNDEZ, J., MORALES-CALDERON, M., CALVET, N., HARTMANN, L., MUZEROLLE, J., GUTERMUTH, R., LUHMAN, K., AND STAUFFER, J. SPITZER observations of the λ Orionis cluster. II. Disks around solar-type and low-mass stars. *The Astrophysical Journal* 722, 2 (2010), 1226. 5
- [47] HILLENBRAND, L. A., STROM, S. E., VRBA, F. J., AND KEENE, J. Herbig Ae/Be stars-Intermediate-mass stars surrounded by massive circumstellar accretion disks. *The Astrophysical Journal* 397 (1992), 613–643. 5, 8, 12, 13, 15, 38, 119
- [48] HÖG, E., BÄSSGEN, G., BASTIAN, U., EGRET, D., FABRICIUS, C., GROSSMANN, V., HALBWACHS, J., MAKAROV, V., PERRYMAN, M., SCHWEKENDIEK, P., ET AL. The TYCHO catalogue. *Astronomy and Astrophysics* 323 (1997), L57–L60. 30
- [49] IMHOFF, C. L. MG II and clues to the evolutionary status of the Herbig Ae/Be stars. In *The Nature and Evolutionary Status of Herbig Ae/Be Stars* (1994), vol. 62, p. 107. 8
- [50] INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION. Resolutions adopted at the General Assemblies of the IAU. [online], 2012. 10
- [51] ISELLA, A., AND NATTA, A. The shape of the inner rim in proto-planetary disks. *Astronomy & Astrophysics* 438, 3 (2005), 899–907. 10
- [52] JORDI, C., GEBRAN, M., CARRASCO, J., DE BRUIJNE, J., VOSS, H., FABRICIUS, C., KNUDE, J., VALLENARI, A., KOHLEY, R., AND MORA, A. Gaia broad band photometry. *Astronomy & Astrophysics* 523 (2010), A48. 77
- [53] JOY, A. TTauri Variable Star. *ApJ* 102, 168. 78
- [54] KAMATH, D., WOOD, P., AND VAN WINCKEL, H. Optically visible post-AGB/RGB stars and young stellar objects in the Small Magellanic Cloud: candidate selection, spectral energy distributions and spectroscopic examination. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 439, 3 (2014), 2211–2270. 38
- [55] KENYON, S. J., AND BROMLEY, B. C. Collisional cascades in planetesimal disks. II. Embedded planets. *The Astronomical Journal* 127, 1 (2004), 513. 5

BIBLIOGRAFÍA

- [56] KENYON, S. J., AND BROMLEY, B. C. Variations on Debris Disks: Icy Planet Formation at 30–150 AU for 1–3 M_⊕ Main-Sequence Stars. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 179, 2 (2008), 451. 5
- [57] KENYON, S. J., AND HARTMANN, L. Pre-main-sequence evolution in the Taurus-Auriga molecular cloud. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 101 (1995), 117. 53, 66, 68, 111, 112
- [58] KERSCHBAUM, F., LEBZELTER, T., AND LAZARO, C. VizieR Online Data Catalog: JHKL'photometry of AGB stars (Kerschbaum+, 2001). *VizieR Online Data Catalog* 337 (2001). 39
- [59] KHARCHENKO, N., PISKUNOV, A., SCHILBACH, E., ROESER, S., SCHOLZ, R.-D., AND ZINNECKER, H. VizieR Online Data Catalog: Integrated BVJHKs for 650 open clusters (Kharchenko+, 2009). *VizieR Online Data Catalog* 350 (2009). 27
- [60] KITSIKIS, A. *Theoretical AGB and post-AGB models for synthetic population studies*. PhD thesis, Imu, 2008. 36
- [61] KOENIG, X., AND LEISAWITZ, D. A classification scheme for young stellar objects using the wide-field infrared survey explorer AllWISE catalog: revealing low-density star formation in the outer galaxy. *The Astrophysical Journal* 791, 2 (2014), 131. 3, 6, 33, 83
- [62] KOUNKEL, M., HARTMANN, L., TOBIN, J. J., MATEO, M., BAILY III, J. I., AND SPENCER, M. Spectroscopic Binaries in the Orion Nebula Cluster and NGC 2264. *The Astrophysical Journal* 821, 1 (2016), 8. 34
- [63] KWOK, S. *The origin and evolution of planetary nebulae*. Cambridge University Press, 2007. 38
- [64] LADA, C. J. Star formation-From OB associations to protostars. In *Star forming regions* (1987), vol. 115, pp. 1–17. 15
- [65] LADA, E. A., STROM, K. M., AND MYERS, P. C. Environments of star formation-Relationship between molecular clouds, dense cores and young stars. In *Protostars and Planets III* (1993), vol. 1, pp. 245–277. 1
- [66] LAGADEC, E. Post-AGB nebular studies. *Proceedings of the International Astronomical Union* 12, S323 (2016), 20–27. 38
- [67] LAMERS, H., GIELES, M., BASTIAN, N., BAUMGARDT, H., KHARCHENKO, N. V., AND ZWART, S. P. An analytical description of the disruption of star clusters in tidal fields with an application to Galactic open clusters. *Astronomy & Astrophysics* 441, 1 (2005), 117–129. 34
- [68] LANDAETA, Y. Características infrarrojas de estrellas de masa intermedia en la asociación estelar Orion OB1. *Tesis de Licenciatura en Matemáticas* (2014). 2, 5, 6
- [69] LE BERTRE, T., MATSUURA, M., WINTERS, J., MURAKAMI, H., YAMAMURA, I., FREUND, M., AND TANAKA, M. VizieR Online Data Catalog: Galactic mass-losing AGB stars (Le Bertre+, 2001). *VizieR Online Data Catalog* 337 (2001). 39
- [70] LEE, C.-D., CHEN, W.-P., AND KINOSHITA, D. Near-infrared excess and emission characteristics of classical Be stars. *Proceedings of the International Astronomical Union* 6, S272 (2010), 404–405. 35
- [71] LORENZETTI, D., SARACENO, P., AND STRAFELLA, F. The near-infrared spectrum of the Herbig Ae-Be stars. *The Astrophysical Journal* 264 (1983), 554–559. 5, 8
- [72] MAHESWAR, G., MANOJ, P., AND BHATT, H. Circumstellar disks around Herbig Ae/Be stars: Polarization, outflows and binary orbits. *Astronomy & Astrophysics* 387, 3 (2002), 1003–1012. 8
- [73] MALFAIT, K., BOGAERT, E., AND WAELKENS, C. An ultraviolet, optical and infrared study of Herbig Ae/Be stars. *Astronomy and Astrophysics* 331 (1998), 211–223. 5, 7, 8, 15
- [74] MATHEW, B., AND SUBRAMANIAM, A. VizieR Online Data Catalog: Spectroscopy of classical Be stars (Mathew+, 2011). *VizieR Online Data Catalog (other)* 200 (2012). 39
- [75] MCGLYNN, T. WISE versus IRAS. [online], marzo 2012. 18
- [76] MEEUS, G., WATERS, L., BOUWMAN, J., VAN DEN ANCKER, M., WAELKENS, C., AND MALFAIT, K. ISO spectroscopy of circumstellar dust in 14 Herbig Ae/Be systems: Towards an understanding of dust processing. *Astronomy & Astrophysics* 365, 3 (2001), 476–490. 12, 13, 14, 15, 38, 119
- [77] MENDIGUTÍA, I., MORA, A., MONTESINOS, B., EIROA, C., MEEUS, G., MERÍN, B., AND OUDMAIJER, R. D. Accretion-related properties of Herbig Ae/Be stars-Comparison with T Tauris. *Astronomy & Astrophysics* 543 (2012), A59. 9
- [78] MILLAN-GABET, R., SCHLOERB, F., TRAUB, W., MALBET, F., BERGER, J., AND BREGMAN, J. Sub-astronomical unit structure of the near-infrared emission from AB Aurigae. *The Astrophysical Journal Letters* 513, 2 (1999), L131. 10
- [79] MILLAN-GABET, R., SCHLOERB, F. P., AND TRAUB, W. A. Spatially resolved circumstellar structure of Herbig Ae/Be stars in the near-infrared. *The Astrophysical Journal* 546, 1 (2001), 358. 10
- [80] MONNIER, J. D., AND MILLAN-GABET, R. On the interferometric sizes of young stellar objects. *The Astrophysical Journal* 579, 2 (2002), 694. 10
- [81] MONTMERLE, T., GROSSO, N., TSUBOI, Y., AND KOYAMA, K. Rotation and X-ray emission from protostars. *The Astrophysical Journal* 532, 2 (2000), 1097. 8
- [82] MUZEROLLE, J., CALVET, N., HARTMANN, L., AND D'ALESSIO, P. Unveiling the inner disk structure of T Tauri stars. *The Astrophysical Journal Letters* 597, 2 (2003), L149. 8
- [83] MUZEROLLE, J., D'ALESSIO, P., CALVET, N., AND HARTMANN, L. Magnetospheres and disk accretion in Herbig Ae/Be stars. *The Astrophysical Journal* 617, 1 (2004), 406. 8, 10
- [84] NATTA, A., PRUSTI, T., NERI, R., WOODEN, D., GRININ, V., AND MANNINGS, V. A reconsideration of disk properties in Herbig Ae stars. *Astronomy & Astrophysics* 371, 1 (2001), 186–197. 8, 10

BIBLIOGRAFÍA

- [85] NEUGEBAUER, G., HABING, H., VAN DUINEN, R., AUMANN, H., BAUD, B., BEICHMAN, C., BEINTEMA, D., BOGESS, N., CLEGG, P., DE JONG, T., ET AL. The infrared astronomical satellite (IRAS) mission. *The Astrophysical Journal* 278 (1984), L1–L6. 2, 18
- [86] O'DELL, C. R. THE ORION NEBULA AND ITS ASSOCIATED POPULATION. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 39, 1 (2001), 99–136. 2
- [87] PARKER, Q. A., BOJIĆIĆ, I. S., AND FREW, D. J. HASH: the Hong Kong/AAO/Strasbourg H α planetary nebula database. In *Journal of Physics: Conference Series* (2016), vol. 728, IOP Publishing, p. 032008. 39
- [88] PORTER, J. M., AND RIVINIUS, T. Classical be stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 115, 812 (2003), 1153. 35
- [89] PREIBISCH, T. The origin of X-ray emission from T Tauri stars. *Memorie della Società Astronomica Italiana* 78 (2007), 332. 9
- [90] PRIALNIK, D. *An introduction to the theory of stellar structure and evolution*. Cambridge University Press, 2000. 36, 38
- [91] PRUSTI, T., DE BRUIJNE, J., BROWN, A., VALLENARI, A., BABUSIAUX, C., BAILER-JONES, C., BASTIAN, U., BIERMANN, M., EVANS, D., EYER, L., ET AL. The Gaia mission. *Astronomy & Astrophysics* 595 (2016), A1, 2, 63
- [92] RADDI, R., DREW, J., STEEGHS, D., WRIGHT, N., DRAKE, J., BARENTSEN, G., FABREGAT, J., AND SALE, S. VizieR Online Data Catalog: A deep catalogue of classical Be stars (Raddi+, 2015). *VizieR Online Data Catalog* 744 (2014). 39
- [93] RIVINIUS, T., CARCIOFI, A. C., AND MARTAYAN, C. Classical Be stars. *The Astronomy and Astrophysics Review* 21, 1 (2013), 69. 35, 36
- [94] SAMUS, N., DURLEVICH, O., GORANSKIJ, V., KAZAROVETS, E., KIREEVA, N., PASTUKHOVA, E., AND ZHAROVA, A. General Catalogue of Variable Stars (Samus+ 2007-2015). 49
- [95] SARTORI, M. J., GREGORIO-HETEM, J., RODRIGUES, C. V., HETEM JR, A., AND BATALHA, C. Analysis of the Pico Dos Dias Survey Herbig Ae/Be Candidates. *The Astronomical Journal* 139, 1 (2010), 27. 6, 12, 15, 16, 33, 38, 119
- [96] SCHILBACH, E., AND RÖSER, S. On the origin of field O-type stars. *Astronomy & Astrophysics* 489, 1 (2008), 105–114. 34
- [97] SCHLEGEL, D. J., FINKBEINER, D. P., AND DAVIS, M. Maps of dust infrared emission for use in estimation of reddening and cosmic microwave background radiation foregrounds. *The Astrophysical Journal* 500, 2 (1998), 525. 22, 56, 119, 120, 121
- [98] SIESS, L., DUFOUR, E., AND FORESTINI, M. An internet server for update pre-main sequence tracks of low- and intermediate-mass stars. *arXiv preprint astro-ph/0003477* (2000). 23, 74, 75
- [99] SKRUTSKIE, M., CUTRI, R., STIENING, R., WEINBERG, M., SCHNEIDER, S., CARPENTER, J., BEICHMAN, C., CAPPS, R., CHESTER, T., ELIAS, J., ET AL. The two micron all sky survey (2MASS). *The Astronomical Journal* 131, 2 (2006), 1163. 2
- [100] SLETTEBAK, A., COLLINS, G. W., AND TRUAX, R. Physical properties of Be star envelopes from Balmer and Fe II emission lines. *The Astrophysical Journal Supplement Series* 81 (1992), 335–376. 35
- [101] STAHLER, S. The birthline for low-mass stars. *The Astrophysical Journal* 274 (1983), 822–829. 69
- [102] STELZER, B., SCHMITT, J., MICELA, G., AND LIEFKÉ, C. Simultaneous optical and X-ray observations of a giant flare on the ultracool dwarf LP 412-31. *Astronomy & Astrophysics* 460, 2 (2006), L35–L38. 8
- [103] STRUVE, O. On the origin of bright lines in spectra of stars of class B. *The Astrophysical Journal* 73 (1931), 94. 35
- [104] SZCZERBA, R., SIÓDMIAK, N., STASIŃSKA, G., AND BORKOWSKI, J. An evolutionary catalogue of galactic post-AGB and related objects. *Astronomy & Astrophysics* 469, 2 (2007), 799–806. 37, 39
- [105] TANNIRKULAM, A., HARRIES, T., AND MONNIER, J. The inner rim of YSO disks: effects of dust grain evolution. *The Astrophysical Journal* 661, 1 (2007), 374. 10
- [106] TANNIRKULAM, A.-K. M. *A comprehensive study of protoplanetary disks around Herbig Ae stars using long-baseline infrared interferometry*. ProQuest, 2008. 10, 12
- [107] THE, P., DE WINTER, D., AND PEREZ, M. A new catalogue of members and candidate members of the Herbig Ae/Be (HAEBE) stellar group. *A&AS* 104 (Apr. 1994), 315–339. 2, 4, 6, 7, 22
- [108] THE_OHIO STATE UNIVERSITY. The OSU Boller and Chivens CCD Spectrograph. [online], June 2013. iii, v, 6, 31
- [109] TIELENS, A. G. *The physics and chemistry of the interstellar medium*. Cambridge University Press, 2005. 36
- [110] TOGNELLI, E., MORONI, P. P., AND DEGL'INNOCENTI, S. The Pisa pre-main sequence tracks and isochrones-A database covering a wide range of Z, Y, mass, and age values. *Astronomy & Astrophysics* 533 (2011), A109. 68, 69, 72
- [111] TORRES, C. Publication of CNPq. *Observatório Nacional (Brazil)* 10, 1 (1999). 4, 15
- [112] UNAM. Espectrografo Boller and Chivens. [online], 2009. iii, v, 6, 31
- [113] VAN DEN ANCKER, M., DJIE, T. A., CATALA, C., DE WINTER, D., BLONDDEL, P., WATERS, L., ET AL. HIPPARCOS data on Herbig Ae/Be stars: an evolutionary scenario. *Astronomy and Astrophysics* 324 (1997), L33–L36. 5, 8
- [114] VAN DER VEEN, W., HABING, H., AND GEBALLE, T. Objects in transition from the AGB to the planetary nebula stage-New visual and infrared observations. *Astronomy and Astrophysics* 226 (1989), 108–136. 38

BIBLIOGRAFÍA

- [115] VIEIRA, R. G., GREGORIO-HETEM, J., HETEM, A., STASIŃSKA, G., AND SZCZERBA, R. Distinguishing post-AGB impostors in a sample of pre-main sequence stars. *Astronomy & Astrophysics* 526 (2011), A24. 6, 33, 37
- [116] VIEIRA, S., CORRADI, W., ALENCAR, S., MENDES, L., TORRES, C., QUAST, G., GUIMARÃES, M., AND DA SILVA, L. Investigation of 131 Herbig Ae/Be Candidate Stars. *The Astronomical Journal* 126, 6 (2003), 2971. 2, 4, 5, 7, 8, 22, 25, 26
- [117] WATERS, L. B. F. M., AND WAELKENS, C. HERBIG Ae/Be STARS. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 36, 1 (1998), 233–266. 1, 6, 7
- [118] WENGER, M., OCHSENBEIN, F., EGRET, D., DUBOIS, P., BONNAREL, F., BORDE, S., GENOVA, F., JASNIEWICZ, G., LALOË, S., LESTEVEN, S., ET AL. The SIMBAD astronomical database-The CDS reference database for astronomical objects. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series* 143, 1 (2000), 9–22. 26
- [119] WHITELOCK, P., FEAST, M., AND VAN LEEUWEN, F. VizieR Online Data Catalog: IR observations of Mira variables (Whitelock+, 2008). *VizieR Online Data Catalog* 738 (2009). 39
- [120] WILLIAMS, J. P., AND CIEZA, L. A. Protoplanetary disks and their evolution. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* 49 (2011), 67–117. 1
- [121] WISNIEWSKI, J., AND K.S, B. VizieR Online Data Catalog: BVRH photometry of candidates Be stars (Wisniewski+, 2006). *VizieR Online Data Catalog* 652 (2006). 39
- [122] WRIGHT, E. L., EISENHARDT, P. R., MAINZER, A. K., RESSLER, M. E., CUTRI, R. M., JARRETT, T., KIRKPATRICK, J. D., PADGETT, D., MCMILLAN, R. S., SKRUTSKIE, M., ET AL. The Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE): mission description and initial on-orbit performance. *The Astronomical Journal* 140, 6 (2010), 1868. 2, 15, 18, 19
- [123] WYATT, M. C. Evolution of debris disks. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 46 (2008), 339–383. 9
- [124] YUDIN, R. VizieR Online Data Catalog: Polarization and rotational velocities of Be stars (Yudin, 2001). *VizieR Online Data Catalog* 336 (2001). 39
- [125] ZICKGRAF, F.-J., WOLF, B., LEITHERER, C., APPENZELLER, I., AND STAHL, O. B (e)-supergiants of the Magellanic Clouds. *Astronomy and Astrophysics* 163 (1986), 119–134. 7
- [126] ZIJLSTRA, A. Planetary nebulae in 2014: a review of research. *Revista mexicana de astronomía y astrofísica* 51, 2 (2015), 219–228. 38
- [127] ZOREC, J., AND BRIOT, D. Critical study of the frequency of Be stars taking into account their outstanding characteristics. *Astronomy and Astrophysics* 318 (1997), 443–460. 35

www.bdigital.ula.ve

BIBLIOGRAFÍA

www.bdigital.ula.ve

Apéndice A

Versión completa de la Tabla 2.1

Tabla A.1: Estrellas candidatas a HAeBe - Selección fotométrica.

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD				
						S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PrefId
1	06:03:37.06	-14:53:02.60	06033705-1453025	9.941	5.857	TYC 5361-1651-2	~	*	1	1
2	05:54:39.99	-14:47:03.80	05543998-1447038	10.905	4.087	TYC 5360-1167-1	~	*	0	1
3	06:01:38.23	-14:43:49.10	06013823-1443490	10.965	3.936	2MASS J06013823-1443490	~	Y*?	1	h1
4	06:01:45.15	-14:13:33.80	06014515-1413337	11.698	2.091	2MASS J06014515-1413337	F6	pr*	3	h1
5	05:57:53.77	-14:05:25.30	05575377-1405252	11.082	3.335					h1
6	06:38:02.56	-13:56:31.90	06380255-1356320	9.309	2.229	IRAS 06357-1353	~	*	0	c3
7	05:57:20.58	-13:49:21.90	05572057-1349219	10.646	3.139	2MASS J05572057-1349219	~	Y*?	1	h1
8	06:28:17.43	-13:03:11.00	06281742-1303109	7.242	5.844	HD 45677	B2IV/V[e]	Be*	284	h1
9	05:27:28.22	-12:41:50.20	05272820-1241500	9.787	9.297	IC 418	O7fp	PN	961	4
10	05:55:37.05	-12:23:52.90	05553705-1223529	11.943	4.754					h1
11	06:40:28.63	-12:19:15.70	06402860-1219156	9.82	3.637	IRAS 06381-1216	~	*	0	c3
12	06:28:55.90	-11:51:00.00	06285588-1151000	5.001	2.023	V* OY CMa	S-*2e-MS	S*	11	h2
13	06:42:42.95	-11:39:25.10	06424294-1139250	9.648	4.433	IRAS 06403-1136	~	*	0	h1
14	06:10:07.63	-11:21:49.90	06100761-1121498	7.612	2.543	IRAS 06077-1121	~	*	0	h1
15	05:38:44.07	-11:14:11.10	05384406-1114111	10.008	3.704	IRAS 05363-1115	~	*	0	h1
16	06:24:57.78	-11:17:06.60	06245777-1117063	10.929	4.259	IRAS 06226-1115	~	*	0	c3
17	06:22:29.34	-11:05:04.60	06222933-1105047	11.093	3.262					h1
18	06:02:42.69	-10:47:35.40	06024268-1047353	9.494	2.800	IRAS 06003-1047	~	*	0	c3
19	06:31:31.57	-10:44:40.60	06313156-1044406	11.353	4.487	IRAS 06291-1042	~	*	0	c3
20	06:19:58.22	-10:38:14.90	06195821-1038146	6.577	5.704	HD 44179	B9Ib/II	pA*	656	h1
21	05:30:57.82	-10:26:34.90	05305780-1026349	11.664	3.737	IRAS 05286-1028	~	*	0	h1
22	05:53:42.55	-10:24:00.60	05534254-1024006	9.803	5.262	V* V1818 Ori	B7?	Or*	27	1
23	06:26:53.90	-10:15:34.90	06265390-1015349	10.019	4.595	2MASS J06265390-1015349	B0	TT*	13	h1
24	04:52:57.25	-10:01:58.80	04525726-1001588	8.639	4.751	V* EY Eri	M8	Mi*	12	h1
25	05:42:27.76	-10:01:51.20	05422776-1001512	10.239	4.212	2MASS J05422776-1001512	~	pr*	1	h1

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

- (1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

A. VERSIÓN COMPLETA DE LA TABLA 2.1

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD					
						S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PreId	
26	06:02:14.89	-10:00:59.50	06021488-1000595	9.193	5.083	V* V791 Mon	B4	Ir*	23	h1	
27	06:04:17.82	-10:03:34.90	06041782-1003349	11.094	4.033	2MASS J06041782-1003349	B7	pr*	1	h1	
28	05:42:14.05	-09:56:19.60	05421410-0956201	11.237	3.822	2MASS J05421410-0956201	~	pr*	2	h1	
29	05:42:35.84	-09:58:55.20	05423584-0958552	9.973	2.759	2MASS J05423584-0958552	~	pr*	5	h1	
30	05:43:27.01	-09:59:37.60	05432701-0959375	10.984	4.161	V* V2760 Ori	K5	Or*	3	h1	
31	06:26:55.30	-09:58:01.40	06265529-0958014	11.914	3.365	2MASS J06265529-0958014	~	*	1	h1	
32	05:16:00.48	-09:48:35.40	05160047-0948353	9.256	3.250	V* V1366 Ori	B9.5V	EB*	129	h1	
33	05:42:48.91	-09:50:12.20	05424891-0950122	10.784	2.949	2MASS J05424891-0950122	~	pr*	3	h1	
34	05:59:50.90	-09:52:48.80	05595090-0952488	11.919	4.608	2MASS J05595090-0952488	~	TT*	1	h1	
35	06:29:40.17	-09:53:46.30	06294017-0953463	11.458	3.956	2MASS J06294017-0953463	~	TT*	2	h1	
36	05:40:11.77	-09:42:11.10	05401176-0942110	10.017	4.047	V* V350 Ori	A7V	Em*	58	h1	
37	06:02:31.81	-09:46:51.10	06023181-0946510	11.218	3.691	2MASS J06023181-0946510	~	TT*	1	h1	
38	06:09:25.50	-09:38:49.10	06092550-0938492	10.119	6.216	EM* AS 119	B3IV[e]	TT*	13	h1	
39	06:08:16.05	-09:35:54.20	06081605-0935541	11.587	4.289					h1	
40	06:25:27.27	-09:32:06.00	06252725-0932061	7.386	4.414	RAFGL 935	C	C*	40	c3	
41	06:31:15.57	-09:35:08.10	06311557-0935080	11.819	4.308					h1	
42	06:13:49.87	-09:14:05.80	06134987-0914057	10.567	4.123	IRAS 06114-0913	~	*	0	h1	
43	05:05:18.03	-09:08:50.10	05051803-0908499	11.983	2.645	NGC 1779	~	GiG	21	h1	
44	06:25:01.43	-09:07:16.00	06250143-0907159	5.725	3.271	V* V636 Mon		C*		c3	
45	05:42:53.75	-08:57:27.80	05425375-0857277	11.339	2.328	2MASS J05425375-0857277	~	pr*	2	h1	
46	06:03:13.15	-08:59:16.80	06031315-0859167	11.902	2.412	2MASS J06031315-0859167	~	TT*	1	h1	
47	05:41:42.43	-08:37:07.20	05414245-0837075	10.646	3.026	IRAS 05393-0838	K1.0	pr*	9	h1	
48	05:42:46.10	-08:40:00.80	05424609-0840007	11.634	3.548	2MASS J05424609-0840007	K4.0	Y*O	4	h1	
49	06:07:25.83	-08:31:04.40	06072583-0831044	9.983	2.316	2MASS J06072583-0831044	A9	pr*	3	h1	
50	06:45:06.13	-08:28:18.70	06450611-0828188	11.905	6.310					c3	
51	05:27:42.80	-08:19:38.50	05274279-0819386	7.211	2.460	HD 35929	F2IV/V	dS*	73	hb2	
52	05:40:24.97	-08:07:33.10	05402496-0807332	10.569	3.652	V* V1304 Ori	K0	Or*	20	h1	
53	06:41:33.92	-08:06:28.40	06413391-0806289	11.302	5.904					c3	
54	05:40:37.36	-08:04:03.10	05403736-0804030	9.741	4.516	V* V1791 Ori	F	Or*	20	h1	
55	05:40:46.22	-08:05:24.40	05404622-0805243	10.158	3.350	V* UU Ori	K1	pr*	15	h1	
56	05:41:25.36	-08:05:54.70	05412534-0805547	10.604	5.449	V* DL Ori	K1	Em*	41	h1	
57	05:41:49.74	-08:00:32.30	05414973-0800322	9.41	3.687	V* V1305 Ori	K5	Em*	29	h1	
58	05:42:14.30	-07:58:35.10	05421430-0758352	11.727	3.509	2MASS J05421430-0758352	K7.0	pr*	5	h1	
59	05:42:26.51	-07:58:50.80	05422649-0758508	11.963	4.402	Haro 4-491	K6	pr*	18	h1	
60	06:20:55.96	-07:54:36.20	06205595-0754362	10.585	4.229	2MASS J06205595-0754362	A4	pr*	1	h1	
61	05:54:41.66	-07:34:19.70	05544166-0734194	11.826	5.352	CRTS J055441.6-073419	~	LP*	1	c3	
62	05:39:22.34	-07:26:44.50	05392232-0726445	10.456	3.888	Haro 4-255	K0	pr*	87	h1	
63	05:52:11.38	-07:27:22.50	05521138-0727224	11.93	5.319	NGC 2110	~	Sy2	500	h1	
64	05:19:24.91	-07:20:49.40	05192490-0720494	11.894	2.792					h1	
65	05:38:50.01	-07:20:18.70	05385001-0720184	11.511	3.299	Haro 4-253	K3.2	pr*	8	h1	
66	05:38:52.37	-07:21:09.60	05385236-0721095	10.236	3.432	Haro 4-254	G4.3	pr*	21	h1	
67	05:40:45.12	-07:22:25.10	05404511-0722250	11.744	3.880	V* V902 Ori	~	Or*	9	h1	
68	06:47:03.86	-07:21:50.70	06470384-0721506	11.442	4.839					c3	
69	05:38:42.79	-07:12:43.80	05384278-0712437	10.823	4.682	Haro 4-249	~	pr*	38	h1	
70	05:38:58.64	-07:16:45.60	05385862-0716457	9.624	3.287	V* V599 Ori	A8.9	Or*	30	h1	
71	06:24:13.08	-07:11:04.30	06241307-0711042	10.408	2.080	TYC 4797-275-1	~	*	0	hb2	
72	05:38:18.11	-07:02:26.00	05381810-0702259	9.253	5.300	V* V883 Ori	~	FU*	53	1	
73	06:06:16.84	-07:05:51.00	06061681-0705511	5.036	2.425	StM 57	M7	*	3	h2	
74	06:35:49.01	-07:00:03.40	06354901-0700034	11.124	3.244	TYC 4810-2193-1	~	*	1	h1	
75	05:25:32.37	-06:59:17.20	05253237-0659171	9.95	2.755	2MASS J05253237-0659171	~	Y*?	1	h1	

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD					
						S.ID	SpT	Obj	Num.ref	Phot.PreId	
76	05:38:09.31	-06:49:16.70	05380931-0649166	9.938	4.883	Parenago 2649	A5e	Ae*	40	h1	
77	05:36:00.18	-06:42:34.10	05360017-0642339	10.943	2.653	V* AV Ori	K5	TT*	43	h1	
78	05:36:21.41	-06:45:36.70	05362140-0645366	10.85	3.742	V* V2669 Ori	K5.1	Or*	48	h1	
79	05:36:25.13	-06:44:41.80	05362513-0644418	11.302	4.829	NAME HH 147 IR	~	Y*O	2	h1	
80	05:36:25.47	-06:42:58.00	05362543-0642577	8.107	4.455	BD-06 1253A	~	**	2	h1	
81	05:37:47.08	-06:42:30.20	05374708-0642301	8.405	3.952	HD 37357	A1V	Ae*	81	h1	
82	05:34:15.75	-06:36:04.60	05341574-0636046	10.592	3.960	V* SW Ori	G5/K0e	TT*	57	h1	
83	05:36:36.93	-06:33:24.00	05363692-0633241	11.774	3.313	V* V585 Ori	K8	Or*	12	h1	
84	05:36:41.35	-06:34:00.10	05364134-0634003	11.082	4.769	V* V846 Ori	M0	Or*	26	h1	
85	05:37:00.11	-06:33:27.30	05370010-0633273	10.11	3.533	V* BE Ori	G3.0	Em*	38	h1	
86	05:37:13.27	-06:35:00.60	05371326-0635005	9.113	4.306	V* BF Ori	A7III	Em*	246	h1	
87	06:09:15.61	-06:30:29.80	06091561-0630297	11.503	4.702					h1	
88	06:14:33.24	-06:33:14.80	06143323-0633147	11.648	5.005					1	
89	05:29:35.82	-06:29:23.00	05293582-0629229	11.475	3.181	V* V1160 Ori	K4e	Or*	5	h1	
90	06:13:37.26	-06:25:01.70	06133726-0625017	10.386	3.825	2MASS J06133726-0625017	A7V	TT*	7	h1	
91	06:15:02.21	-06:29:25.40	06150221-0629254	11.374	4.178	IRAS 06126-0628	~	*	0	h1	
92	05:34:54.01	-06:23:51.10	05345404-0623507	11.689	3.328	V* BW Ori	M0.5	F1*	22	h1	
93	06:08:05.16	-06:21:40.10	06080518-0621405	8.929	4.771	BD-06 1418	B2.5V	*iN	23	1	
94	05:06:53.50	-06:17:12.30	05065349-0617123	11.16	3.683	2MASS J05065349-0617123	K4e	TT*	6	h1	
95	05:36:06.67	-06:14:25.70	05360665-0614259	11.53	3.471	V* AX Ori	K6	Or*	21	h1	
96	06:07:50.09	-06:14:43.90	06075009-0614439	11.471	4.478					h1	
97	06:07:54.63	-06:14:34.20	06075463-0614342	11.676	2.115	2MASS J06075463-0614342	K0	*	1	h1	
98	06:10:47.13	-06:12:50.70	06104712-0612507	11.274	6.353	2MASS J06104712-0612507	~	Y*O	1	h1	
99	06:10:56.98	-06:16:22.40	06105697-0616224	11.31	3.530					h1	
100	06:10:57.84	-06:14:39.70	06105783-0614397	11.336	6.013	EM* LkHA 339	A1e	-Ae*	22	h1	
101	06:11:00.64	-06:14:24.70	06110064-0614243	10.758	4.693					1	
102	06:18:38.24	-06:17:06.40	06183822-0617062	11.31	2.030					c3	
103	05:07:30.17	-06:10:16.00	05073016-0610158	10.822	3.680	2MASS J05073016-0610158	K5IV	TT*	11	h1	
104	05:07:30.59	-06:10:59.90	05073060-0610597	10.12	2.921	2MASS J05073060-0610597	K7IV	TT*	8	h1	
105	05:28:54.07	-06:06:06.70	05285405-0606063	7.287	2.335	V* RX Ori	M	Or*	10	h1	
106	05:29:11.44	-06:08:05.40	05291144-0608054	9.03	3.936	V* V1650 Ori	F7	Or*	21	h1	
107	05:36:59.25	-06:09:16.40	05365925-0609164	8.953	4.130	HD 37258	A3Ve	Ae*	99	h1	
108	06:11:53.56	-06:09:02.80	06115353-0609026	11.971	3.557					h1	
109	06:12:46.81	-06:11:20.90	06124681-0611208	11.359	4.001	2MASS J06124681-0611208	~	Y*O	1	h1	
110	05:34:47.53	-05:57:56.90	05344753-0557569	10.945	2.507	V* YY Ori	K2IVe	TT*	113	h1	
111	05:36:33.70	-05:57:53.60	05363368-0557535	11.809	3.009	V* V2695 Ori	~	Or*	7	h1	
112	06:05:59.63	-05:54:09.00	06055962-0554088	11.531	5.320					h1	
113	06:06:55.93	-05:56:15.70	06065592-0556156	11.822	4.328					h1	
114	06:06:58.50	-05:55:06.70	06065848-0555066	11.1	5.534	2MASS J06065848-0555066	A0	TT*	8	h1	
115	05:20:31.42	-05:48:24.70	05203142-0548247	9.544	2.929	2MASS J05203142-0548247	~	TT*	6	h1	
116	05:35:25.39	-05:51:08.70	05352538-0551087	8.874	4.368	BD-05 1321	F2IV	Y*O	21	h1	
117	05:20:19.46	-05:45:55.40	05201945-0545553	10.053	3.540	2MASS J05201945-0545553	~	TT*	15	h1	
118	05:20:25.75	-05:47:06.40	05202573-0547063	11.036	3.723	V* V534 Ori	~	Or*	10	h1	
119	05:34:59.23	-05:45:58.90	05345923-0545588	11.623	3.106	V* V2097 Ori	~	Or*	10	h1	
120	05:35:10.34	-05:46:33.60	05351033-0546335	9.624	3.888	V* AA Ori	K0.0	TT*	35	h1	
121	05:35:17.93	-05:42:33.80	05351790-0542340	10.151	2.935	[DRS2009] 102	~	*	2	h1	
122	05:36:07.30	-05:42:21.70	05360729-0542216	11.273	4.071	V* V501 Ori	K5	Or*	20	h1	
123	05:36:10.34	-05:42:27.10	05361033-0542270	11.586	3.739	V* V1180 Ori	~	Or*	13	h1	
124	05:18:16.85	-05:37:30.00	05181685-0537300	11.706	2.950	2MASS J05181685-0537300	~	TT*	3	h1	
125	05:34:14.16	-05:36:54.20	05341416-0536542	8.993	4.399	Brun 216	F8	pr*	43	h1	

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

A. VERSIÓN COMPLETA DE LA TABLA 2.1

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12/ μ m	SIMBAD					
						S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PrefId	
126	05:34:16.46	-05:36:45.60	05341646-0536455	9.701	3.563	V* V1044 Ori	G5ev...	Or*	52	h1	
127	05:34:55.81	-05:41:26.20	05345580-0541261	11.37	3.061	V* KP Ori	~	Or*	30	h1	
128	05:35:00.82	-05:38:08.00	05350082-0538079	11.9	3.820	V* KW Ori	M0	Or*	32	h1	
129	05:35:14.68	-05:39:11.00	05351467-0539108	10.619	3.435	V* MO Ori	K1.5....	Or*	30	h1	
130	04:47:33.40	-05:34:15.90	04473337-0534157	11.332	3.915					h1	
131	05:33:45.26	-05:30:49.80	05334525-0530498	10.263	3.891	V* VZ Ori	K1	Or*	34	h1	
132	05:34:19.55	-05:30:19.80	05341954-0530198	11.028	4.032	V* WZ Ori	K5e	Or*	27	h1	
133	05:34:47.00	-05:34:14.30	05344698-0534145	7.221	4.122	HD 36917	B9III/IV	Or*	122	h1	
134	05:35:05.77	-05:33:55.60	05350576-0533558	11.974	3.047	V* V408 Ori	M3e	Fl*	36	h1	
135	05:35:06.46	-05:33:35.10	05350644-0533351	11.01	5.805	V* V982 Ori	M2	Or*	41	h1	
136	05:35:13.61	-05:30:57.80	05351360-0530575	10.182	3.599	V* V488 Ori	G7:e	Or*	55	h1	
137	05:35:31.37	-05:33:08.90	05353136-0533088	8.799	4.211	V* NV Ori	F6IIIe	Ae*	78	h1	
138	05:35:32.87	-05:30:21.40	05353287-0530214	11.387	3.940	V* NX Ori	K6	Or*	26	h1	
139	06:40:17.78	-05:29:59.90	06401778-0530000	10.517	5.860	IRAS 06378-0527	~	C*	11	c3	
140	05:33:02.24	-05:26:25.20	05330223-0526251	10.361	3.608	V* V466 Ori	K1	Or*	27	h1	
141	05:34:26.16	-05:26:30.40	05342616-0526304	11.169	3.710	V* V1956 Ori	K2-K3e	Or*	19	h1	
142	05:34:52.77	-05:27:54.60	05345275-0527545	11.191	2.075	V* V551 Ori	M0.5	Fl*	36	h1	
143	05:35:50.46	-05:28:34.90	05355043-0528349	8.271	3.486	V* T Ori	A3I ^{Verb}	Ae*	214	h1	
144	05:35:59.66	-05:29:43.70	05355965-0529435	10.862	3.436	2MASS J05355965-0529435	K1:e...	pr*	12	h1	
145	05:38:14.50	-05:25:13.30	05381450-0525132	9.047	3.368	HD 37411	hA3VakA0mA0(eb).LB	Or*	74	h1	
146	05:34:40.87	-05:22:42.30	05344086-0522423	10.529	3.846	V* IX Ori	K1e	Or*	61	h1	
147	05:34:49.99	-05:18:44.70	05344998-0518447	8.776	3.302	V* V2056 Ori	A3:	Or*	58	3	
148	06:08:00.03	-05:19:02.30	06080003-0519022	11.384	3.860	2MASS J06080003-0519022	K0	*	1	h1	
149	06:22:39.38	-05:19:47.50	06223938-0519474	10.712	3.421	TYC 4793-398-1	~	*	0	h1	
150	05:34:54.95	-05:17:01.80	05345494-0517017	11.494	2.881	V* V2073 Ori	K4-K6e	Or*	19	h1	
151	05:35:18.90	-05:17:29.60	05351880-0517291	11.219	7.069	V* V2338 Ori	A8-F0	Or*	20		
152	05:35:35.96	-05:12:26.00	05353601-0512253	10.598	4.753	V* NY Ori	G6-K2e	Or*	45	h4	
153	06:07:52.43	-05:16:03.70	06075243-0516036	10.417	4.424	HBC 518	F6	Em*	9	h1	
154	05:34:30.26	-05:11:48.20	05343024-0511481	11.616	4.024	V* IS Ori	K5-K6e	Or*	29	h1	
155	05:35:21.87	-05:07:01.60	05352187-0507018	11.049	4.064	V* V415 Ori	~	Or*	39	h1	
156	05:35:22.40	-05:08:05.10	05352240-0508051	11.111	4.251	2MASS J05352240-0508051	M0e	pr*	16	h1	
157	05:35:26.85	-05:11:07.60	05352686-0511076	9.004	3.503	V* AI Ori	K0:e	Or*	51	h1	
158	06:47:41.47	-05:07:41.30	06474147-0507415	10.486	3.439	IRAS 06452-0504	~	*	0	c3	
159	05:34:18.57	-05:04:47.80	05341856-0504479	9.673	3.453	V* EZ Ori	G4Ve	TT*	82	h1	
160	05:35:31.54	-05:05:47.30	05353153-0505473	11.926	5.201	V* V2502 Ori	~	Or*	14	1	
161	05:35:36.68	-05:04:14.50	05353668-0504145	11.829	2.713	V* V424 Ori	M1.5	Or*	23	h1	
162	05:35:54.07	-05:04:14.60	05355405-0504147	10.875	2.462	V* AR Ori	~	Or*	38	h1	
163	05:43:39.01	-05:04:02.90	05433900-0504029	10.211	4.487	V* DM Ori	G	Or*	10	h1	
164	06:02:39.94	-05:03:48.60	06023994-0503489	5.204	2.118	IRAS 06001-0503	~	IR	2	h2	
165	06:34:28.03	-05:03:42.90	06342805-0503427	8.209	5.895	RAFGL 5201	~	OH*	26	h1	
166	05:32:00.31	-04:55:53.90	05320030-0455539	11.479	6.222	V* UY Ori	B9	Ir*	17	h1	
167	05:43:11.89	-04:59:49.90	05431188-0459499	8.432	5.565	HD 38120	B9Vnne	Be*	60	h1	
168	05:35:03.26	-04:49:21.00	05350326-0449209	9.959	2.634	V* V1718 Ori	~	Or*	22	3	
169	05:35:03.71	-04:50:53.10	05350370-0450530	11.467	3.377	V* BY Ori	~	Or*	15	h1	
170	05:35:16.73	-04:45:44.60	05351673-0445444	11.348	3.687	V* TT Ori	K1e	Or*	27	h1	
171	06:41:58.80	-04:47:13.00	06415885-0447131	8.678	2.788	IRAS 06395-0444	C?	C*?	1	c3	
172	06:27:01.19	-04:35:43.70	06270118-0435436	7.938	2.158	V* V801 Mon	~	LP?	1	c3	
173	05:35:09.01	-04:27:51.00	05350900-0427510	10.797	2.772	V* V481 Ori	~	Or*	18	h1	
174	05:35:10.08	-04:27:39.60	05351007-0427395	10.965	3.107	V* SY Ori	K2/3II/IIIe	TT*	36	h1	
175	05:36:51.28	-04:25:40.10	05365126-0425398	9.433	4.145	HD 294260	G1IV	Or*	35	h1	

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

- (1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD					
						S_ID	SpT	Obj	Num.ref	Phot.PreId	
176	05:35:23.59	-04:17:14.30	05352359-0417142	11.785	3.655	V* V561 Ori	~	Or*	10	h1	
177	06:44:13.28	-04:11:12.60	06441330-0411127	10.554	4.138					c3	
178	05:24:06.01	-03:49:47.20	05240600-0349472	9.955	3.215	HD 294083	F5	Y*?	4	h1	
179	06:21:51.49	-03:50:42.10	06215148-0350416	8.738	6.189	IRC +00102	M10	Mi*	30	h1	
180	05:04:29.99	-03:47:14.30	05042998-0347142	8.707	4.293	V* UX Ori	A4IVe	Ae*	296	h1	
181	05:19:13.56	-03:24:12.60	05191356-0324126	10.439	3.096	2MASS J05191356-0324126	~	TT*	3	h1	
182	05:42:48.60	-03:24:47.60	05424859-0324475	11.962	3.107					h1	
183	05:06:51.07	-03:19:59.90	05065105-0319599	9.498	2.993	HD 293815	B9V	TT*	22	1	
184	05:06:53.31	-03:20:52.70	05065332-0320526	10.366	4.890	2MASS J05065332-0320526	K0	TT*	4	h1	
185	05:06:54.65	-03:20:04.90	05065464-0320047	10.343	4.135	2MASS J05065464-0320047	K4	TT*	15	h1	
186	05:06:55.52	-03:21:14.00	05065551-0321132	9.891	5.772	2MASS J05065551-0321132	B3e	TT*	26	4	
187	06:22:23.76	-02:55:50.90	06222376-0255509	10.41	3.083	IRAS 06198-0254	C	C*	1	c3	
188	05:32:09.94	-02:49:46.80	05320993-0249467	9.444	3.945	V* RY Ori	F7	Or*	42	h1	
189	05:35:07.58	-02:49:00.20	05350753-0248596	11.368	4.001	2MASS J05350753-0248596	~	Em*	1	h1	
190	05:38:27.26	-02:45:09.70	05382725-0245096	11.955	3.380	V* V505 Ori	K7e	Or*	28	h1	
191	05:38:33.69	-02:44:14.10	05383368-0244141	10.131	3.565	V* TX Ori	~	TT*	27	h1	
192	05:41:02.32	-02:43:00.60	05410229-0243006	7.115	4.023	HD 37806	B9/9.5II/III	Be*	118	h1	
193	06:25:21.66	-02:46:37.70	06252164-0246379	6.274	2.059	V* 798 Mon	M	Mi?	2	h2	
194	05:38:19.76	-02:36:39.10	05381975-0236391	9.41	5.692	2MASS J05381975-0236391	~	Y*O	9	h1	
195	05:39:39.83	-02:31:21.80	05393982-0231217	11.842	4.620	V* V510 Ori	~	Or*	52	h1	
196	05:40:08.89	-02:33:33.70	05400889-0233336	11.501	3.479	V* V608 Ori	~	Or*	24	h1	
197	06:32:17.64	-02:29:18.20	06321765-0229181	11.967	6.322					h1	
198	06:45:14.96	-02:26:35.50	06451495-0226351	7.007	2.199	IRAS 06427-0223	~	*	2	h2	
199	05:11:36.55	-02:22:48.40	05113654-0222484	10.558	3.681	V* V1012 Ori	A3e	Em*	29	h1	
200	05:39:40.17	-02:20:48.00	05394017-0220480	11.495	2.470	V* RV Ori	~	Or*	13	h1	
201	05:41:24.51	-02:22:36.30	05412450-0222362	9.101	3.817	V* V615 Ori	G7V	Or*	17	h1	
202	05:42:58.81	-02:18:37.10	05425881-0218370	10.855	3.108	2MASS J05425881-0218370	~	pr*	7	h1	
203	06:32:57.42	-02:23:16.50	06325740-0223166	10.199	4.368					c3	
204	05:21:54.28	-02:17:26.00	05215426-0217257	11.723	2.694	2MASS J05215426-0217257	~	Y*?	1	h1	
205	05:39:26.40	-02:15:03.40	05392639-0215034	11.844	4.192	V* V600 Ori	~	Or*	9	h1	
206	05:41:36.40	-02:16:46.30	05413638-0216463	11.728	5.931	Haro 5-49	~	pr*	16	h1	
207	05:41:47.05	-02:16:37.90	05414703-0216378	9.042	3.589	2MASS J05414703-0216378	~	pr*	3	h1	
208	06:46:31.16	-02:12:46.50	06463115-0212464	10.137	2.063	HD 292364	B8	*	2	hb2	
209	05:37:36.85	-02:08:17.70	05373685-0208177	8.69	3.367	HD 290772	F6Ve	TT*	9	h1	
210	06:43:31.81	-02:10:46.20	06433179-0210461	11.02	3.735	IRAS 06409-0207	~	*	0	c3	
211	05:30:18.68	-02:01:57.60	05301868-0201575	9.693	4.734	HD 290543	A3	*	9	h1	
212	05:50:38.79	-02:02:56.00	05503877-0202560	9.238	2.995	IRAS 05481-0203	~	C*	2	c3	
213	05:16:45.46	-01:51:22.30	05164545-0151221	9.257	3.968	HD 290172	F7Ve	TT*	4	h1	
214	05:41:39.14	-01:52:06.60	05413913-0152073	11.656	3.813	2MASS J05413913-0152073	~	Y*O	6		
215	05:41:26.89	-01:42:46.60	05412685-0142461	10.607	3.243	2MASS J05412685-0142461	~	pr*	4	1	
216	05:41:41.42	-01:43:53.70	05414141-0143533	10.404	3.627	2MASS J05414141-0143533	K1	pr*	5	h1	
217	05:22:54.85	-01:40:31.90	05225485-0140319	11.639	4.148	2MASS J05225485-0140319	~	Y*?	1	h1	
218	05:37:02.45	-01:37:21.30	05370245-0137213	8.57	3.814	HD 290770	B9	Em*	20	h1	
219	05:41:30.41	-01:38:02.40	05413041-0138025	11.369	3.722	V* V618 Ori	~	Or*	9	h1	
220	06:22:28.59	-01:41:23.60	06222858-0141236	10.411	4.537	IRAS 06199-0139	~	*	0	c3	
221	05:39:13.01	-01:27:21.20	05391300-0127211	11.042	3.727	V* V508 Ori	~	RI*	5	h1	
222	05:34:25.82	-01:21:06.60	05342581-0121065	10.655	3.601	V* V469 Ori	~	Or*	7	h1	
223	05:44:29.24	-01:22:16.70	05442924-0122167	11.332	4.151	V* V523 Ori	~	Or*	16	h1	
224	06:43:34.35	-01:20:00.20	06433433-0120004	10.565	4.054	IRAS 06410-0116	~	*	1	c3	
225	05:38:05.25	-01:15:21.70	05380526-0115216	8.878	3.131	V* V1247 Ori	F0V	dS*	39	h1	

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

- (1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

A. VERSIÓN COMPLETA DE LA TABLA 2.1

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD					
						S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PreId	
226	05:26:53.52	-01:09:02.20	05265352-0109022	11.547	3.502	Kiso A-0903 135	~	Em*	2	h1	
227	05:32:06.39	-01:11:00.10	05320638-0111000	11.78	2.889	Haro 5-64	K7	Em*	7	h1	
228	05:33:43.26	-01:08:34.70	05334326-0108346	10.825	3.281	Haro 5-67	G,e	TT*	14	h1	
229	05:35:22.93	-01:11:24.30	05352293-0111242	10.457	2.890	2MASS J05352293-0111242	K	TT*	4	h1	
230	06:35:31.59	-01:09:25.90	06353168-0109256	5.741	2.869					h1	
231	06:41:59.10	-01:11:08.20	06415912-0111085	9.597	3.281					c3	
232	06:43:48.51	-01:08:19.50	06434844-0108197	11.944	10.235	Min 2-62	~	HII	13	4	
233	05:23:31.01	-01:04:23.60	05233100-0104237	9.147	3.343	HD 290380	keF6IVeb	*	12	h1	
234	05:37:59.05	-01:05:52.70	05375904-0105527	10.846	2.511					h1	
235	05:45:17.44	-01:00:04.10	05451750-0100037	11.799	2.762	Haro 5-98	~	Em*	5	h1	
236	06:42:41.47	-00:54:22.50	06424147-0054225	11.723	2.841	2MASS J06424147-0054225	A2III	*	1	h1	
237	06:15:15.22	-00:51:19.40	06151522-0051194	11.912	3.068					h1	
238	05:36:24.29	-00:42:12.10	05362428-0042120	10.536	3.446	V* PU Ori	~	Or*	13	h1	
239	05:33:18.67	-00:36:14.10	05331867-0036141	10.345	2.885	2MASS J05331867-0036141	~	TT*	6	h1	
240	05:33:39.82	-00:38:54.00	05333982-0038541	11.697	2.895	2MASS J05333982-0038541	K3	TT*	2	h1	
241	05:45:25.12	-00:37:23.00	05452512-0037229	10.834	3.191	2MASS J05452512-0037229	~	Em*	1	h1	
242	05:45:27.08	-00:39:52.70	05452706-0039533	11.026	2.941	Kiso A-0904 168	~	Em*	1	h1	
243	05:29:48.05	-00:23:43.40	05294805-0023434	10.266	3.954	HD 290500	A2	*	12	h1	
244	05:33:01.96	-00:20:59.40	05330196-0020593	11.989	3.010	2MASS J05330196-0020593	~	IR	1	h1	
245	06:42:26.38	-00:16:28.30	06422637-0016283	10.245	2.588	TYC 4799-2121-1	A5IV	*	1	h1	
246	05:38:09.26	-00:10:56.00	05380923-0010557	8.038	3.055	TYC 4767-1407-1	~	*	1	h1	
247	05:46:19.47	-00:05:20.00	05461946-0005199	10.69	3.750	EM* LkHA 301	K2.5	TT*	27	h1	
248	05:36:28.55	00:04:45.60	05362855+0004456	10.762	3.892	2MASS J05362855+0004456	~	Y*?	1	h1	
249	05:43:08.21	00:00:20.80	05430820+0000208	11.044	2.904	2MASS J05362855+0004456	~	Y*?	1	h1	
250	05:43:29.25	00:04:58.90	05432925+0004589	9.802	4.005	V* GT Ori	F0	LP*	5	h1	
251	05:46:19.05	00:03:29.50	05461906+0003295	10.632	3.873	IRAS 05437+0002	K6	TT*	12	h1	
252	05:46:37.07	00:01:22.10	05463705+0001217	11.672	4.672	2MASS J05463705+0001217	K5.5	TT*	18	h1	
253	05:44:18.81	00:08:40.40	05441880+0008403	7.95	2.946	V* V351 Ori	A7V	Ae*	92	h1	
254	05:47:14.11	00:09:07.30	05471411+0009073	10.765	5.726	2MASS J05471411+0009073	D	TT*	20	h1	
255	05:46:09.29	00:13:32.40	05460927+0013326	11.686	3.383	2MASS J05460927+0013326	M1	TT*	6	h1	
256	05:45:57.39	00:20:22.20	05455738+0020222	11.754	3.079	2MASS J05455738+0020222	K7	TT*	7	h1	
257	05:47:10.97	00:19:14.70	05471098+0019147	10.998	3.488	2MASS J05471098+0019147	G6	TT*	10	h1	
258	06:21:50.48	00:21:58.60	06215049+0021584	11.627	3.787	UGC 3457	~	G	17	h1	
259	06:26:19.95	00:18:44.30	06261994+0018442	8.943	2.624	IRAS 06237+0020	~	*	1	h2	
260	06:44:45.86	00:19:48.10	06444584+0019493	11.232	2.662	GSC 00147-01042	B1V	*	8	h1	
261	05:27:05.47	00:25:07.70	05270547+0025075	9.523	4.820	HD 290409	BS,Ve	SB*	22	h1	
262	05:46:31.06	00:25:33.70	05463105+0025338	11.632	3.844	2MASS J05463105+0025338	M4.5	TT*	7	h1	
263	05:41:59.80	00:35:27.00	05415980+0035270	10.448	2.876	2MASS J05415980+0035270	~	Y*?	1	h1	
264	05:46:11.87	00:32:25.90	05461186+0032259	10.936	2.195	2MASS J05461186+0032259	K2	TT?	11	h1	
265	05:47:05.99	00:32:08.50	05470600+0032084	11.745	3.959	2MASS J05470600+0032084	K0	TT*	15	h1	
266	05:48:01.07	00:34:30.50	05480106+0034302	10.903	2.992	EM* LkHA 320	~	pr*	9	h1	
267	05:47:17.27	00:38:21.30	05471727+0038213	11.522	3.169	2MASS J05471727+0038213	K7	TT*	12	h1	
268	05:47:35.76	00:38:39.90	05473576+0038399	10.095	3.983	EM* LkHA 316	~	pr*	22	h1	
269	05:47:44.99	00:38:42.00	05474500+0038418	10.669	4.632	2MASS J05474500+0038418	~	pr*	2	1	
270	06:47:57.27	00:46:34.10	06475726+0046339	8.667	2.056	HD 49330	Bnn(e)	Be*	56	b2	
271	06:44:50.59	00:50:15.30	06445059+0050147	9.252	3.623	DJM 35	C	C*	10	c3	
272	05:52:16.72	01:02:52.40	05521671+0102523	10.558	3.038	GSC 00116-00619	~	*	1	h1	
273	06:44:40.21	01:05:37.30	06444020+0105374	9.841	3.246					c3	
274	05:28:17.85	01:10:06.20	05281785+0110061	9.422	3.063	2MASS J05281785+0110061	G5/G6;...	TT*	7	h1	
275	05:49:02.39	01:07:31.80	05490237+0107314	10.019	4.621	EM* RJHA 28	~	Em*	3	h1	

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

SIMBAD												
No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PreId		
276	06:42:23.05	01:21:08.80	06422307+0121084	8.559	3.276					c3		
277	05:53:40.91	01:38:13.90	05534090+0138140	10.307	3.297	2MASS J05534090+0138140	K0	TT*	17	h1		
278	05:24:42.80	01:43:48.30	05244279+0143482	9.699	3.386	V* V346 Ori	A8V	RI*	76	h1		
279	05:53:58.70	01:44:09.40	05535869+0144094	10.515	4.165	2MASS J05535869+0144094	K2	TT*	18	h1		
280	05:24:44.86	01:50:47.40	05244482+0150472	5.369	2.043	* psi01 Ori	B1Vn	Be*	299	b2		
281	06:47:32.72	01:52:24.80	06473272+0152247	10.954	2.544					h1		
282	06:36:44.81	01:57:01.10	06364480+0157009	10.469	5.615	EM* GGA 402		Em*	3	h1		
283	06:36:51.98	02:11:03.70	06365198+0211038	11.806	4.016					h1		
284	05:24:08.04	02:27:46.90	05240804+0227468	9.238	3.586	HD 287823	A0	Y*O	20	h1		
285	05:33:04.53	02:28:06.90	05330450+0228065	9.37	3.087					h1		
286	05:50:03.19	02:26:12.40	05500319+0226124	11.227	2.211					h1		
287	05:58:12.53	02:40:57.30	05581253+0240572	11.034	2.339	CRTS J055812.5+024056		LP*	1	c3		
288	06:40:56.77	02:53:44.40	06405676+0253444	11.238	2.814					h2		
289	05:29:48.39	02:54:47.40	05294839+0254474	11.54	4.196	IRAS 05271+0252		Em*	2	h1		
290	05:50:07.13	03:05:32.50	05500713+0305324	10.049	3.675	IRAS 05474+0304		*	0	h1		
291	04:50:57.30	03:08:32.50	04505728+0308323	6.058	2.355	V* EP Ori		Mi*	17	h2		
292	05:50:49.75	03:10:30.30	05504974+0310303	11.715	3.213					h1		
293	06:05:15.00	03:21:54.20	06051499+0321542	10.835	4.948					c3		
294	05:58:08.56	03:33:31.60	05580855+0333315	11.437	3.036	Kiso A-0833 4		Em*	1	h1		
295	06:12:59.29	04:02:48.60	06125929+0402485	10.737	3.014	IRAS 06103+0403		*	0	c3		
296	06:34:31.51	04:19:16.90	06343148+0419170	11.612	5.064	2MASS J06343148+0419170		Y*?	1	h1		
297	05:48:41.56	04:35:49.10	05484168+0435488	11.906	2.982	Kiso A-0832 2		Em*	1	h1		
298	06:32:11.70	04:32:04.40	06321169+0432042	8.326	3.276	IRAS 06295+0434		C*	6	c3		
299	06:31:46.09	04:42:28.90	06314608+0442289	11.374	3.515	GSC 00154-01452		*iA	4	h1		
300	06:32:06.52	04:47:55.40	06320651+0447553	11.97	3.314	V* V551 Mon		Or*	4	h1		
301	06:32:34.94	04:44:38.50	06323495+0444392	10.113	2.018	LS VI +04 15		Be	*iC	9	h1	
302	06:31:33.11	04:50:35.40	06313311+0450353	10.77	4.551	HD 259012B	B4/A1Ve	Y*?	6	h1		
303	06:30:42.72	04:55:31.50	06304271+0455313	11.226	4.694	V* V539 Mon		Or*	5	h1		
304	06:31:29.77	04:54:49.20	06312975+0454491	11.449	5.832	EM* GGA 395	B7Ve	Em*	16	h1		
305	06:31:51.57	04:54:17.60	06315156+0454175	11.981	5.579	IRAS 06291+0456		Y*?	9	h1		
306	06:31:55.08	04:57:19.20	06315509+0457193	11.39	2.314	GSC 00154-01427	B6V	*iA	12	h1		
307	06:32:24.57	04:59:37.80	06322456+0459377	10.843	4.134	GSC 00154-01739	A2	*	7	h1		
308	06:32:29.39	04:56:56.10	06322939+0456560	9.871	2.595	HD 259300	B3Vp	*	27	h1		
309	06:31:40.01	05:05:56.60	06314000+0505563	9.684	4.252	GSC 00154-01863	G2	Em*	13	h1		
310	06:32:42.89	05:01:30.60	06324289+0501304	10.829	3.077	Cl* NGC 2244 PS 552	B9	*iC	6	h1		
311	06:29:07.51	05:11:19.40	06290748+0511196	11.729	4.057					h1		
312	05:19:18.28	05:29:02.80	05191826+0529028	9.606	2.833	V* V675 Ori		LP*	3	c3		
313	06:09:01.58	05:58:42.20	06090159+0558421	11.846	2.121	TYC 143-1250-1		*	0	hb2		
314	06:15:59.87	05:56:22.80	06155988+0556228	10.296	3.799	IRAS 06133+0557		C*	2	c3		
315	06:19:36.35	05:56:39.50	06193635+0556394	10.411	3.786	IRAS 06169+0557		C*	2	c3		
316	05:01:16.56	06:32:45.70	05011655+0632457	10.1	2.484	TYC 110-426-1		*	1	h1		
317	06:43:53.58	06:38:32.00	06435357+0638318	11.088	3.007					c3		
318	05:27:49.32	06:46:38.60	05274932+0646387	8.312	3.636	IRAS 05251+0644		LP*	2	h1		
319	05:46:42.08	06:43:47.10	05464207+0643469	8.114	2.345	IRAS 05440+0642		Mi*	12	c3		
320	05:17:25.94	07:00:22.40	05172593+0700223	9.469	3.778	IRAS 05147+0657		TT?	2	h1		
321	06:23:48.53	07:01:29.50	06234857+0701294	7.525	2.800	V* V618 Mon		C*	9	c3		
322	05:45:14.94	07:21:22.20	05451493+0721223	11.194	5.127	V* V661 Ori		RI*	4	h1		
323	06:13:19.41	07:27:32.80	06131940+0727326	11.971	4.487					h1		
324	06:18:57.18	08:12:03.10	06185718+0812030	7.218	2.940	2MASS J06185718+0812030		*	2	h1		
325	06:47:25.00	08:13:58.80	06472497+0813588	9.602	4.812	V* V840 Mon		Mi*	14	c3		

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

- (1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

A. VERSIÓN COMPLETA DE LA TABLA 2.1

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD					
						S.ID	SpT	Obj	Num.ref	Phot.PreId	
326	05:51:50.35	08:21:06.70	05515035+0821066	9.83	2.734	2MASS J05515035+0821066	~	TT*	1	h1	
327	06:23:47.86	08:29:51.60	06234785+0829511	6.938	3.099	Case 132	C	C*	18	c3	
328	05:22:15.95	08:37:39.30	05221592+0837391	9.196	3.612	IRAS 05195+0834	~	LP*	5	c3	
329	06:29:35.47	08:47:17.00	06293547+0847164	8.657	4.902	V* V477 Mon	~	C*	27	c3	
330	06:39:09.95	08:44:09.70	06390995+0844097	9.686	6.586	V* R Mon	B8IIIe	Ae*	477	h4	
331	05:05:00.31	08:56:07.90	05050029+0856078	8.741	2.179	IRAS 05022+0852	C	*	5	c3	
332	05:39:02.33	08:56:12.40	05390232+0856123	9.744	2.219	2MASS J05390232+0856123	~	TT?	1	h1	
333	05:45:22.37	09:04:12.30	05452235+0904123	6.519	3.050	NAME FU Ori A	~	Y*?	7	h1	
334	06:26:37.29	09:02:15.20	06263726+0902149	8.613	4.448	RAFGL 940	C	C*	26	c3	
335	05:43:20.92	09:06:07.10	05432091+0906071	10.074	2.969	V* V625 Ori	~	TT*	22	h1	
336	05:44:08.99	09:09:14.70	05440899+0909147	11.102	3.490	V* QR Ori	~	Or*	11	h1	
337	05:44:21.85	09:08:52.80	05442184+0908528	11.357	3.173	[DM99] 246	~	pr*	6	h1	
338	06:04:14.63	09:09:57.20	06041462+0909571	9.356	2.535					c3	
339	06:42:30.51	09:09:26.20	06423050+0909261	11.597	2.762	V* PY Mon	G:V:e	TT*	13	h1	
340	05:39:12.68	09:15:52.20	05391268+0915522	11.59	4.539	Haro 6-74	~	TT*	3	h1	
341	06:41:05.88	09:22:55.60	06410587+0922556	10.552	4.642	HD 261941	A2/3	*iC	33	h1	
342	05:39:09.22	09:25:30.10	05390921+0925301	11.25	3.836	V* V506 Ori	F7e	RI*	7	h1	
343	06:28:58.35	09:28:08.70	06285833+0928085	8.632	2.988	V* V475 Mon	C	C*	5	c3	
344	06:36:32.66	09:25:40.10	06363268+0925393	8.079	2.791	V* V493 Mon	C	C*	13	c3	
345	06:41:06.85	09:27:32.10	06410682+0927322	10.434	3.585	V* V426 Mon	G	Or*	29	h1	
346	06:41:10.15	09:29:33.30	06411015+0929336	11.508	6.242	Cl* NGC 2264 LBM 6076	~	*iC	2	3	
347	06:41:12.95	09:26:13.80	06411286+0926148	11.28	5.123	[MRC90] IRS E	~	IR	1	h1	
348	06:41:31.12	09:26:58.20	06413111+0926582	11.503	3.263	V* MO Mon	K:V:e	TT*	55	h1	
349	06:23:23.41	09:30:00.00	06232339+0930000	8.024	4.207	IRAS 06206+0931	~	C*	12	c3	
350	06:40:28.79	09:31:01.20	06402877+0931002	11.813	3.341	2MASS J06402877+0931002	K4(~)	TT*	17	h1	
351	06:40:42.19	09:33:37.40	06404218+0933374	10.759	3.339	NGC 2264 84	G0	TT*	47	h1	
352	06:40:59.32	09:35:52.10	06405930+0935523	11.776	3.627	Cl* NGC 2264 AR 6A	GIII	FU*	11	c3	
353	06:41:06.74	09:34:45.90	06410673+0934459	11.761	5.446	V* V608 Mon	G6:	TT*	30	h1	
354	06:40:56.17	09:36:30.90	06405616+0936309	11.892	4.226	V* GQ Mon	K3	TT*	25	h1	
355	06:41:06.19	09:36:23.00	06410620+0936229	11.636	2.981	V* V360 Mon	G3V	TT*	66	h1	
356	06:41:39.75	09:40:27.90	06413974+0940279	11.342	2.857	V* OY Mon	K4	TT*	38	h1	
357	06:40:24.76	09:46:08.20	06402475+0946082	8.537	3.215	HD 261736	A5/7	*iC	39	h1	
358	06:40:51.18	09:44:46.10	06405118+0944461	10.744	2.578	NGC 2264 108	F8V	TT*	49	h1	
359	05:39:15.21	09:50:04.40	05391521+0950043	10.023	3.027	TYC 718-392-1	~	Em*	4	h1	
360	06:40:44.64	09:48:02.00	06404464+0948021	11.438	6.111	EM* LkHA 25	B4Ve	Ae*	120	h1	
361	06:40:48.89	09:51:44.40	06404888+0951444	9.521	3.326	HD 261841	B8IV-Ve	Y*O	35	h1	
362	05:48:08.52	09:54:01.20	05480851+0954012	10.162	4.380	V* V638 Ori	~	Or*	10	c3	
363	06:06:43.07	09:56:32.00	06064306+0956311	9.826	4.396					c3	
364	06:40:41.36	09:54:13.90	06404136+0954138	11.64	2.941	V* V629 Mon	G3	TT*	36	h1	
365	06:41:04.57	09:54:43.90	06410456+0954438	9.523	3.427	HD 261937	kA2hA2mA5V	Y*O	32	h1	
366	05:35:09.61	10:01:51.50	05350960+1001515	9.291	5.551	HD 245185	A0Vae	Ae*	87	h1	
367	06:31:03.63	10:01:13.60	06310363+1001133	10.53	4.464	2MASS J06310363+1001133	F5Ve	TT*	2	h1	
368	06:32:41.78	10:09:34.00	06324177+1009340	8.598	4.068	EM* GGA 397	B7IIne	Ae*	111	h1	
369	06:36:26.52	10:08:51.10	06362652+1008511	10.598	2.990					h1	
370	06:31:43.32	10:20:20.90	06314331+1020208	9.401	2.603	HD 258973	A2	*iN	11	h2	
371	06:32:26.12	10:19:18.40	06322611+1019184	10.884	4.113	2MASS J06322611+1019184	~	Y*O	2		
372	06:32:52.37	10:18:43.20	06325237+1018430	11.91	4.346	V* V490 Mon	~	Or*	5	h1	
373	06:33:05.15	10:19:20.40	06330519+1019199	7.454	4.282	HD 259431	B6ep	Ae*	242	h1	
374	06:24:14.73	10:28:01.40	06241472+1028018	10.879	3.807					h1	
375	06:31:06.95	10:26:06.00	06310692+1026049	8.074	5.648	IRAS 06283+1028	~	mul	44	h1	

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

- (1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

SIMBAD											
No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PrefId	
376	06:31:09.11	10:26:10.70	06310914+1026106	11.92	4.570	V* V481 Mon	K3	Or*	12	h1	
377	06:40:51.35	10:28:05.00	06405134+1028051	11.401	2.010					h2	
378	06:36:32.35	10:48:25.90	06363235+1048258	10.58	2.004					h1	
379	06:20:11.43	10:54:57.30	06201141+1054571	8.35	2.289	IRAS 06174+1056	~	C*	3	c3	
380	06:36:22.32	10:54:44.00	06362231+1054437	11.699	5.125	KHA 39	~	Em*	2	h1	
381	05:31:57.26	11:17:41.30	05315724+1117414	8.613	3.718	HD 244604	A0Vesh	Or*	42	h1	
382	05:30:19.03	11:20:20.00	05301903+1120199	9.316	4.063	HD 244314	A1V	Or*	14	h1	
383	05:27:38.31	11:25:39.00	05273833+1125389	7.983	3.079	V* CO Ori	F7Ve	TT*	146	h1	
384	05:31:16.15	11:25:31.20	05311615+1125312	11.744	3.964	V* V449 Ori	Ke...	Or*	13	h1	
385	05:36:58.33	11:26:50.30	05365832+1126502	11.924	5.193					h1	
386	06:22:08.43	11:25:25.90	06220843+1125257	8.327	4.300	IRAS 06193+1126	~	C*?	5	c3	
387	06:25:09.42	11:29:24.30	06250941+1129243	8.585	2.829	Kiso C6-42	C	C*	3	c3	
388	05:04:04.89	11:32:48.00	05040492+1132478	6.747	2.518	IRAS 05013+1128	C	C*	7	c3	
389	05:26:21.58	11:31:33.90	05262158+1131339	8.174	4.449	V* V437 Ori	~	Or*	8	h1	
390	06:21:07.70	11:34:15.70	06210768+1134152	7.075	4.042	C* 496	C	C*	18	1	
391	05:20:12.96	11:49:07.00	05201294+1149068	9.729	4.483	IRAS 05174+1146	~	C*	6	c3	
392	05:29:08.39	11:52:12.70	05290838+1152126	7.698	4.830	V* GW Ori	G5/8Ve	TT*	282	h1	
393	05:29:23.94	11:51:57.50	05292393+1151576	9.422	2.844	V* V649 Ori	G8III/Ve	TT*	40	h1	
394	05:28:17.97	11:56:50.50	05281799+1156505	11.651	3.495	V* V439 Ori	~	Or*	8	h1	
395	05:56:31.45	11:58:16.90	05563141+1158168	8.572	2.817					c3	
396	06:33:32.01	11:57:06.40	06333201+1157064	11.371	2.021	2MASS J06333201+1157064	~	Em*	3	b2	
397	05:30:13.13	12:08:45.90	05301313+1208458	10.954	4.628	V* GY Ori	~	Or*	9	h1	
398	05:31:28.05	12:09:10.20	05312805+1209102	9.408	4.812	V* HK Ori	A2?e+G0?e	Ae*	166	h1	
399	06:12:05.18	12:07:02.00	06120519+1207020	7.291	2.539	IRAS 06092+1207	~	IR	0	h1	
400	05:30:02.02	12:13:35.70	05300203+1213357	10.667	4.131	V* GX Ori	K3Ve	TT*	26	h1	
401	05:41:11.58	12:17:55.90	05411158+1217556	5.456	2.978	C* 381	N	C*	17	c3	
402	05:45:36.71	12:16:15.30	05453669+1216152	6.304	2.773	V* QS Ori	C7,4e	C*	19	c3	
403	06:23:38.82	12:16:46.90	06233881+1216469	11.329	5.163	IRAS 06208+1218	~	*	0	c3	
404	05:32:43.05	12:21:08.40	05324305+1221083	11.742	4.363	V* V460 Ori	~	Or*	12	h1	
405	06:13:15.38	12:18:00.70	06131535+1218006	11.524	5.886	IRAS 06104+1218	~	C*	4	c3	
406	05:30:36.20	12:36:52.40	05303619+1236524	11.598	3.183	V* V447 Ori	~	Or*	15	h1	
407	06:28:30.19	12:46:40.40	06283017+1246405	9.959	3.759	IRAS 06256+1248	~	C*	3	c3	
408	05:12:23.61	12:50:30.60	05122361+1250306	9.673	2.152	IRAS 05096+1247	~	*	0	c3	
409	05:00:24.61	12:56:06.90	05002460+1256066	8.735	5.547	NSV 16214	~	OH*	28	1	
410	05:33:14.30	13:01:55.00	05331426+1301546	8.481	2.724	IRAS 05304+1259	~	*	0	c3	
411	06:29:45.77	13:05:51.40	06294575+1305512	8.811	2.494	IRAS 06269+1307	C	C*	2	c3	
412	06:39:56.36	13:11:00.20	06395636+1311001	10.509	3.176	TYC 758-2057-1	~	*	0	h1	
413	05:47:36.41	13:22:36.70	05473642+1322363	10.016	4.709	IRAS 05447+1321	~	C*	14	c3	
414	06:03:35.36	13:26:13.50	06033536+1326134	11.319	4.486	IRAS 06007+1326	~	*	0	c3	
415	06:13:17.91	13:45:05.30	06131784+1345055	8.266	3.651	Fuen C 185	C	C*	9	c3	
416	05:40:36.96	13:48:22.40	05403694+1348221	5.857	3.227	V* V1404 Ori	C...	Mi*	37	c3	
417	06:22:38.50	14:14:29.10	06223850+1414290	10.887	3.258	IRAS 06197+1416	~	*	0	c3	
418	06:34:12.19	14:16:34.10	06341217+1416346	6.769	2.423	Case 393	C	C*	8	c3	
419	05:30:54.72	14:21:52.40	05305472+1421524	11.98	2.682	2MASS J05305472+1421524	F2e	Y*O	1	h1	
420	06:23:56.31	14:30:28.10	06235631+1430280	11.592	5.849	2MASS J06235631+1430280	B2	Y*O	23	h1	
421	06:12:13.50	14:45:24.60	06121351+1445240	9.909	3.695					c3	
422	06:18:45.55	15:16:52.30	06184553+1516522	8.762	4.784	V* V1308 Ori	B0e	Ae*	205	h1	
423	06:25:18.37	15:16:27.30	06251833+1516273	7.862	3.134	Fuen C 208	C	C*	8	c3	
424	04:59:19.00	15:45:11.80	04591899+1545118	8.656	3.002	IRAS 04564+1540	~	*	1	c3	
425	05:52:24.85	15:47:43.70	05522485+1547438	5.234	2.170	V* Z Tau	S7.51e	S*	47	h2	

... Continúa en la siguiente página

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

A. VERSIÓN COMPLETA DE LA TABLA 2.1

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD					
						S.ID	SpT	Obj	Num.ref	Phot.PreId	
426	05:21:28.47	15:54:33.90	05212846+1554339	9.867	2.162	CRTS J052128.4+155434	~	LP*	1	c3	
427	06:40:47.46	15:57:19.00	06404745+1557190	10.221	2.888	IRAS 06379+1600	~	*	0	c3	
428	06:25:35.18	16:05:24.10	06253518+1605240	9.124	2.764	Fuen C 210	C	C*	8	c3	
429	06:00:22.11	16:08:27.80	06002209+1608276	9.57	2.862					h2	
430	06:22:35.22	16:20:55.20	06223522+1620552	10.72	5.256	IRAS 06196+1622	~	*	0	h1	
431	05:56:37.31	16:28:35.00	05563730+1628350	10.404	3.049	TYC 1312-1344-1	~	*	0	h1	
432	06:02:00.00	16:30:56.70	06015998+1630567	8.475	4.261	HD 250550	B9e	Ae*	214	h1	
433	05:58:55.78	16:39:57.20	05585578+1639573	10.455	5.403	HD 249879	B8?e	Ae*	14	h1	
434	06:47:47.15	16:36:33.00	06474716+1636326	9.223	3.646	V* V368 Gem	~	Mi*	8	c3	
435	05:48:48.52	16:42:32.60	05484851+1642324	9.995	3.211	IRAS 05459+1641	~	*	0	c3	
436	06:45:33.22	16:51:47.30	06453319+1651469	7.256	3.177					c3	
437	04:47:06.20	16:58:42.80	04470620+1658428	8.845	3.866	V* DR Tau	K5Ve	TT*	428	h1	
438	05:51:48.51	16:54:25.70	05514850+1654257	10.247	3.699	IRAS 05489+1653	~	IR	0	c3	
439	06:25:21.84	16:59:49.90	06252180+1659497	6.408	3.565	RAFGL 5192	C	C*	14	c3	
440	06:19:47.07	17:03:50.60	06194706+1703505	10.109	3.656	IRAS 06168+1705	~	*	0	c3	
441	04:46:21.79	17:23:02.90	04462180+1723031	7.596	2.507	V* V1027 Tau	~	C*	3	c3	
442	05:58:07.52	17:20:58.70	05580750+1720584	7.902	4.212	IRAS 05552+1720	~	Mi*	11	h1	
443	06:43:16.34	17:36:45.50	06431633+1736456	10.475	2.118					c3	
444	06:06:12.12	17:55:09.00	06061209+1755089	9.361	2.965	IRAS 06032+1755	~	*	0	c3	
445	06:43:54.26	-12:55:46.90	06435426-1255468	9.719	1.386	TYC 5386-1463-1	B8II	*	5	b2	
446	06:36:51.93	-12:51:04.90	06365193-1251048	9.005	1.062	HD 47202	B5/7Vne	Em*	6	b2	
447	06:32:25.20	-12:45:26.80	06322519-1245268	9.768	0.575	TYC 5373-1574-1	~	*	1	b2	
448	05:49:27.52	-12:33:33.30	05492751-1233333	8.655	0.428	HD 39035	A1V	*	4	b2	
449	06:19:18.35	-12:31:59.80	06191835-1231597	8.052	0.401	HD 44080	B8V	Em*	5	b2	
450	06:21:24.72	-11:46:23.70	06212472-1146236	5.765	1.541	HD 44458	B1.5IVe	Be*	137	b2	
451	05:24:27.84	-10:39:23.50	05242784-1039235	6.143	1.311	V* V1641 Ori	N	C*	7	c3	
452	06:31:44.63	-10:31:07.90	06314462-1031079	9.406	0.693	BD-10 1563	B	Em*	6	b2	
453	06:42:12.94	-10:29:53.10	06421294-1029530	7.879	1.209	HD 48282	B3Ve	Be*	36	b2	
454	06:34:09.51	-10:17:08.50	06340951-1017085	5.781	1.646	IRAS 06317-1014	M5e	V*	2	2	
455	06:26:06.35	-09:23:50.60	06260634-0923505	8.888	1.010	HD 45260	B3ne	Be*	9	b2	
456	05:09:08.78	-08:45:14.80	05090877-0845147	4.854	0.648	* lam Eri	B2IVne	bC*	263	b2	
457	04:44:05.31	-08:30:12.90	04440531-0830128	5.69	1.013	* 56 Eri	B2(V)nne	Be*	165	b2	
458	06:33:47.23	-08:19:52.50	06334723-0819525	10.607	1.588	TYC 5365-717-1	~	*	1	b2	
459	06:39:27.21	-08:14:11.10	06392720-0814110	7.875	0.997	V* V779 Mon	~	LP?	3	c3	
460	05:42:33.68	-08:07:15.20	05423367-0807151	9.137	1.180	TYC 5346-538-1	B8.1	*	4	b2	
461	05:47:55.48	-07:50:05.30	05475547-0750052	10.699	1.869					c3	
462	06:32:43.24	-07:30:32.40	06324324-0730323	6.92	1.639	HD 46380	B2/B3IVne	Be*	55	b2	
463	06:42:14.31	-07:12:32.50	06421430-0712324	5.095	1.542	IRAS 06398-0709	M8	*	2	h2	
464	06:04:13.50	-06:42:32.20	06041349-0642321	5.088	1.468	HD 41335	B3/5Vnne	Be*	249	b2	
465	04:54:15.26	-06:35:13.50	04541526-0635134	8.363	0.368	HD 31298	B8II/III	*	3	b2	
466	05:15:26.84	-06:32:01.00	05152683-0632010	11.45	1.952	2MASS J05152683-0632010	~	TT*	1	h1	
467	05:37:49.37	-06:28:36.60	05374937-0628365	9.161	0.700	HD 37372	A0.0	Y*O	11	b2	
468	06:10:37.27	-06:09:56.10	06103726-0609560	11.369	1.716	2MASS J06103726-0609560	~	Y*?	1	b2	
469	05:37:27.36	-05:56:18.20	05372735-0556182	6.487	0.565	HD 37303	B2V(n)	V*	102	h1	
470	06:38:01.80	-05:57:17.00	06380179-0557170	8	1.391	IRAS 06355-0554	C	C*	2	c3	
471	05:35:54.08	-05:37:42.30	05355408-0537423	7.145	1.003	HD 37115	B7Ve	Be*	81	b2	
472	05:37:02.39	-05:36:29.70	05370239-0536297	10.449	0.881	V* V381 Ori	~	Or*	24	h1	
473	06:27:06.55	-05:40:51.30	06270654-0540512	8.082	1.404	IRAS 06246-0539	C	C*	1	c3	
474	06:43:50.36	-05:18:07.90	06435036-0518079	11.378	1.647					hb2	
475	06:44:47.48	-05:17:48.50	06444748-0517485	5.725	0.956	V* DS Mon	M6	Mi*	7	c3	

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

SIMBAD												
No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PreId		
476	05:35:21.26	-05:09:16.20	05352125-0509161	8.315	1.881	V* MX Ori	K2Ve	pr*	69	h2		
477	06:11:19.14	-05:11:28.30	06111913-0511282	9.195	0.423	HD 42575	A0	*	2	hb2		
478	06:47:31.91	-04:42:58.80	06473191-0442588	9.927	1.246	V* V512 Mon	~	LP*	3	b2		
479	06:37:13.80	-04:41:59.80	06371380-0441598	11.23	1.501	TYC 4806-3332-1	~	*	1	b2		
480	06:38:11.02	-04:25:25.20	06381102-0425251	6.859	1.419	Case 600	C	C*	11	c3		
481	06:47:58.98	-04:01:04.90	06475897-0401048	10.577	1.533	2MASS J06475897-0401048	~	Em*	1	hb2		
482	05:07:29.40	-03:18:40.70	05072940-0318407	8.823	0.638	HD 33056	B9V	*	11	b2		
483	05:12:20.53	-02:55:52.30	05122053-0255523	10.425	1.851	V* V531 Ori	K2	RI*	13	h1		
484	06:47:39.68	-02:57:22.50	06473967-0257224	7.656	1.305	DJM 45	C	C*	4	c3		
485	06:35:54.84	-02:42:44.90	06355483-0242448	11.941	1.993					hb2		
486	06:45:43.43	-02:01:52.40	06454343-0201523	11.427	1.800	EM* RJHA 55	~	Em*	1	hb2		
487	06:44:18.65	-01:52:04.80	06441865-0152048	9.338	0.399	HD 48643	K2(V)	Em*	3	b2		
488	05:36:17.83	-01:38:07.30	05361782-0138072	8.162	1.309	HD 37149	B7IV	Be*	43	2		
489	06:38:31.85	-01:36:38.40	06383184-0136384	5.483	0.777	V* CY Mon	M5	LP*	12	c3		
490	06:46:17.63	-01:39:30.60	06461762-0139306	10.23	1.404	EM* RJHA 59	B3V	Em*	6	b2		
491	05:40:56.37	-01:30:25.70	05405637-0130257	7.287	1.209	V* V901 Ori	B2V	Ro*	270	1		
492	06:43:05.19	-01:23:04.10	06430519-0123041	10.483	1.556	LS VI -01 6	B3IV	Em*	12	b2		
493	06:42:46.51	-01:12:36.70	06424651-0112367	6.409	1.161	C* 564	N	C*	10	c3		
494	06:45:09.28	-01:15:20.60	06450928-0115205	10.929	1.710	EM* RJHA 51	~	Em*	4	b2		
495	06:41:16.51	-01:07:40.30	06411651-0107403	11.559	1.837	EM* RJHA 38	B0IV	Em*	3	b2		
496	06:47:09.32	-01:06:16.00	06470932-0106159	10.975	1.356	EM* RJHA 61	B7V	Em*	5	b2		
497	05:28:24.80	-00:42:08.40	05282480-0042083	8.582	0.410	HD 35972	B9V	Em*	15	b2		
498	06:19:31.15	-00:45:35.90	06193115-0045359	7.311	1.745	C* 491	~	C*	4	c3		
499	06:30:15.68	-00:45:59.90	06301567-0045599	10.974	1.833	EM* GGA 391	~	Em*	3	hb2		
500	06:07:13.91	-00:37:29.10	06071391-0037291	5.132	0.467	IRAS 06046-0037	~	*	0	3		
501	06:37:08.63	-00:38:16.50	06370863-0038165	11.115	1.966	TYC 4798-1581-1	~	*	1	b2		
502	06:37:56.37	-00:40:55.40	06375637-0040554	8.431	0.374	HD 47296	B7III	*	6	2		
503	06:40:54.15	-00:37:07.10	06405414-0037071	11.408	1.415	2MASS J06405414-0037071	B0IV	*	1	hb2		
504	06:33:42.52	-00:33:04.04	06334252-0033044	10.142	1.253	HD 291813	B9	*	2	b2		
505	06:40:53.58	-00:32:18.50	06405358-0032184	10.947	1.068	TYC 4799-1227-1	B2IV	*	2	b2		
506	06:46:11.36	-00:31:56.70	06461136-0031566	10.369	1.469	EM* RJHA 58	B2Ib	Em*	6	b2		
507	06:36:47.04	-00:24:04.60	06364704-0024046	10.344	1.018	TYC 4798-1350-1	~	*	1	hb2		
508	06:47:16.39	00:13:39.10	06471638+0013390	5.634	1.166	V* DE Mon	C5,4	C*	15	c3		
509	06:44:17.49	00:20:31.50	06441748+0020315	10.473	1.933	TYC 147-506-1	B1V	gD*	11	h1		
510	06:45:33.77	00:20:10.00	06453376+0020099	10.315	0.933	TYC 148-2254-1	M1V	gD*	11	h1		
511	06:47:01.72	00:22:30.00	06470171+0022299	10.465	1.384	SS 62	B3II:sh	Em*	5	h2		
512	06:47:10.19	00:21:35.20	06471018+0021352	10.328	1.148	HD 292295	G	*	2	b2		
513	06:27:49.09	00:29:50.30	06274908+0029502	7.741	1.838	Case 597	C	C*	7	c3		
514	06:47:33.42	00:24:29.00	06473342+0024290	11.098	1.579	EM* RJHA 62	~	Em*	3	b2		
515	06:27:53.84	00:33:29.10	06275384+0033291	9.145	1.236	HD 291668	B5	*	7	b2		
516	06:39:22.75	00:30:41.80	06392275+0030418	8.012	1.501	DJM 20	C	C*	4	c3		
517	05:53:27.14	00:46:45.20	05532714+0046452	7.758	1.288	HD 39557	B9IV/V	Be*	21	b2		
518	06:38:41.62	00:44:34.60	06384161+0044346	11.177	1.714	EM* GGA 404	~	Em*	3	hb2		
519	06:42:35.22	00:43:21.30	06423521+0043212	11.592	1.687	CoRoT 102649238	M1V	Be?	1	hb2		
520	05:23:51.38	00:51:46.30	05235137+0051463	8.487	0.494	HD 35305	B8V	*	19	b2		
521	06:42:29.79	00:53:58.20	06422979+0053582	10.967	1.890	EM* RJHA 40	~	Em*	4	b2		
522	06:04:53.38	00:54:09.50	06045338+0054094	11.347	1.451	TYC 130-1424-1	OB:e	Em*	5	b2		
523	06:44:30.33	01:05:38.00	06443032+0105379	10.752	1.614	EM* RJHA 48	OB:e	Em*	4	b2		
524	06:43:22.49	01:22:33.10	06432248+0122330	11.77	1.761	[D75b] Em* 06-052	~	Em*	3	hb2		
525	05:19:26.75	01:29:50.80	05192675+0129508	11.786	1.599					h1		

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

A. VERSIÓN COMPLETA DE LA TABLA 2.1

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12/ μ m	SIMBAD					
						S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PrefId	
526	06:22:33.35	01:27:39.20	06223334+0127392	7.257	1.511	IRAS 06199+0129	~	*	1	c3	
527	06:33:17.75	01:24:33.00	06331775+0124329	10.74	1.158					b2	
528	05:02:26.26	01:33:32.90	05022625+0133329	10.75	1.214	EM* RJHA 7	~	Em*	2	h1	
529	05:17:24.49	01:53:24.90	05172448+0153249	5.346	0.899	CSS 129	MS4	S*	3	2	
530	05:28:48.46	02:09:52.90	05284845+0209529	7.438	1.093	HD 36012	B2Vne	Be*	42	b2	
531	06:43:43.34	02:07:20.00	06434334+0207200	10.293	1.244	EM* GGA 408	~	Em*	4	b2	
532	06:35:39.99	02:17:31.40	06353999+0217314	11.797	1.959					h2	
533	06:45:49.98	02:29:57.40	06454998+0229574	7.147	0.404	V* V505 Mon	B6Ib	bL*	51	2	
534	06:35:35.14	02:34:53.80	06353514+0234537	10.935	1.331					3	
535	06:34:19.16	02:47:30.00	06341915+0247299	8.929	1.844	BD+02 1293	B	Em*	9	hb2	
536	06:30:17.63	02:50:52.50	06301763+0250525	8.03	1.302	HD 45901	B0-1Ve	Be*	38	b2	
537	06:35:00.21	02:58:42.40	06350021+0258423	10.688	1.611					b2	
538	06:37:52.64	02:58:20.40	06375263+0258203	7.95	1.062	IRAS 06352+0300	~	C*	5	c3	
539	04:55:30.28	03:04:28.20	04553028+0304281	5.947	1.848	V* V1648 Ori	~	Mi*	5	h2	
540	06:17:24.17	03:15:13.60	06172417+0315135	8.882	1.087	2MASS J06172417+0315135	~	C*	2	c3	
541	06:47:40.55	03:48:58.80	06474054+0348588	8.933	0.9730005	BD+03 1405	B	*	6	b2	
542	05:21:19.31	04:00:42.90	05211930+0400428	6.614	0.75999975	HD 34959	B7lb/II	Be*	75	b2	
543	06:36:59.62	04:02:00.20	06365962+0402002	8.946	1.8429999	EM* GGA 403	~	Em*	3	hb2	
544	05:06:03.45	04:06:08.70	05060344+0406087	5.489	1.4719999	V* V Ori	M4-5e	Mi*	26	2	
545	06:18:58.46	04:11:28.90	06185845+0411288	7.564	0.39100027	HD 43913	B8IV/V	Em*	12	b2	
546	06:23:00.71	04:15:44.50	06230070+0415445	8.338	1.8939998	IRAS 06203+0417	~	C*	2	c3	
547	06:39:36.04	04:18:39.80	06393604+0418397	10.874	1.7400007	EM* GGA 406	~	Em*	3	hb2	
548	06:32:31.55	04:27:32.00	06323155+0427320	8.25	1.704	EM* AS 129	~	Em*	14	h1	
549	06:46:46.16	04:33:18.50	06464616+0433185	10.577	1.309	HD 263777	B8e	Em*	4	b2	
550	06:09:07.65	04:36:41.40	06090764+0436414	7.037	1.0840001	C* 459	~	C*	4	c3	
551	06:24:02.83	04:38:51.90	06240282+0438518	7.765	1.6950002	IRAS 06213+0440	~	C*	4	c3	
552	06:34:55.83	04:38:47.20	06345582+0438471	8.145	1.9320002	IRAS 06322+0441	M8.5	AB*	3	c3	
553	06:42:22.14	04:36:59.70	06422214+0436597	10.021	0.7260008	HD 262414	B3III	*iC	1	b2	
554	06:45:59.95	04:41:14.30	06455994+0441142	5.718	0.7359998	IRAS 06433+0444	~	*	2	c3	
555	05:44:50.59	04:44:29.70	05445058+0444296	5.585	0.9840002	C* 391	N	C*	7	c3	
556	06:47:07.67	04:42:31.90	06470766+0442319	11.568	1.868	EM* GGA 411	B-	Em*	3	hb2	
557	06:38:24.90	04:52:51.50	06382490+0452514	8.28	0.6950002	HD 47359	B0.5IVnn	Be*	34	b2	
558	06:44:33.60	04:57:57.80	06443359+0457577	9.669	1.316	HD 263072	OB-k?	Em*	10	b2	
559	06:37:06.62	05:01:24.10	06370661+0501241	10.567	0.8839998	TYC 154-907-1	B2	*iC	2	b2	
560	05:02:51.00	05:11:11.50	05025100+051115	5.759	1.0809999	IRAS 05001+0506	M6.5	*	1	2	
561	06:40:16.95	05:08:51.40	06401695+0508514	11.417	1.559	[D75b] Em* 06-0444	~	Em*	2	hb2	
562	06:31:31.81	05:30:51.70	06313181+0530517	9.416	1.5220003	HD 258983	B8e	Em*	5	hb2	
563	06:35:18.28	05:33:06.30	06351827+0533063	10.603	1.7950001	EM* GGA 401	Bp	Em*	3	b2	
564	06:34:31.81	05:46:38.70	06343180+0546387	10.238	1.6050005	TYC 158-2604-1	B5:	*iC	2	b2	
565	06:28:05.90	05:48:50.90	06280590+0548509	10.474	1.3270006	EM* GGA 389	B5V	Em*	4	b2	
566	06:30:32.94	05:52:01.20	06303293+0552012	5.147	0.8430002	HD 45910	B2IIIe	Be*	204	b2	
567	06:32:59.26	05:48:01.30	06325925+0548012	7.64	1.6259999	HD 259440	B0pe	HXB	146	b2	
568	06:27:17.38	05:59:10.20	06271737+0559102	11.109	1.4400005					b2	
569	06:34:37.23	06:02:49.80	06343722+0602498	11.451	1.4939995	HBHA 715-66	~	Em*	2	b2	
570	06:37:24.03	06:08:07.40	06372403+0608074	5.827	0.49700022	HD 47129	O8I+O7.5III	SB*	343	b2	
571	06:28:09.85	06:24:22.70	06280985+0624227	11.852	1.8210001					b2	
572	06:35:00.01	06:28:50.50	06350001+0628504	10.403	1.0530005	EM* GGA 400	Bp	Em*	3	b2	
573	06:42:18.88	06:35:27.10	06421888+0635271	5.763	0.88400006					c3	
574	05:44:28.80	06:52:01.90	05442880+0652019	6.576	1.8119998	V* FQ Ori	M1	Mi*	4	h2	
575	06:31:32.09	06:51:32.40	06313209+0651324	10.564	1.2129993	EM* GGA 394	Bp	Em*	4	b2	

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12/ μ m	SIMBAD					
						S_ID	SpT	Obj	Num_ref	Phot_PreId	
576	06:43:52.76	06:54:48.40	06435275+0654484	10.201	1.881	LS VI +06 10	OB+e	Em*	7	h1	
577	06:07:20.11	07:14:27.00	06072010+0714269	5.556	0.9389999	IRAS 06046+0714	~	*	0	c3	
578	06:43:36.13	07:14:48.10	06433612+0714481	9.783	1.9899998	HD 262741	Be	Em*	9	hb2	
579	06:25:25.33	07:36:42.00	06252533+0736420	8.121	1.329	IRAS 06227+0738	~	*	0	2	
580	06:33:10.98	07:38:52.50	06331097+0738524	10.32	1.3099995					b2	
581	06:23:14.66	07:50:09.00	06231465+0750089	10.937	1.4979992	EM* GGA 386	OB	Em*	8	b2	
582	06:26:19.15	07:58:28.10	06261915+0758280	9.812	0.73499966	HD 45166	WRpec+B8V	WR*	55	b2	
583	06:33:43.42	08:02:10.20	06334341+0802101	9.058	1.566	HD 259631	B1Vnne	Be*	16	hb2	
584	04:59:00.56	08:07:49.80	04590055+0807497	6.308	1.7260003	V* R Ori	SC5-8e	S*	56	c3	
585	06:09:40.20	08:11:03.20	06094020+0811032	10.397	1.4660006	TYC 730-1577-1	B7	Em*	3	b2	
586	06:33:32.24	08:20:08.00	06333223+0802080	7.954	0.9460001	HD 259597	B0.5:V:nne	Be*	49	b2	
587	06:13:42.19	08:42:44.60	06134218+0842446	8.031	1.1859999	HD 42908	B2Ve	Be*	32	b2	
588	06:20:41.95	08:52:04.60	06204194+0852046	11.688	1.7399998					b2	
589	05:31:41.04	09:13:33.70	05314103+0913337	7.078	1.1889997	HD 36376	B8e	Be*	15	b2	
590	06:20:37.39	09:20:31.90	06203739+0920319	10.369	1.2220001	TYC 731-1524-1	~	*	0	b2	
591	06:38:31.56	09:25:12.20	06383156+0925122	9.627	0.7069998	HD 261172	O/B2	*iC	9	b2	
592	06:33:00.06	09:32:30.30	06330005+0932303	5.969	1.1389999	V* V875 Mon	M7	LP*	4	c3	
593	06:03:34.25	09:39:54.60	06033424+0939546	8.915	1.3179994	HD 250980	B2ne	Be*	14	b2	
594	06:16:21.72	09:53:54.30	06162172+0953542	5.833	1.2800002	V* V1026 Ori	C	C*	11	c3	
595	06:40:51.55	09:51:49.40	06405155+0951494	9.376	1.3789997	HD 261878	B6V	*iC	49	h2	
596	06:24:35.03	09:56:23.10	06243502+0956230	10.105	1.257	EM* GGA 387	B-	Em*	4	b2	
597	06:27:50.02	09:59:15.30	06275002+0959152	10.655	1.4049997					b2	
598	06:30:47.05	10:03:47.00	06304705+1003469	9.325	1.8310003	HD 258686	B7IIIp	**	33	2	
599	06:29:54.21	10:15:01.80	06295420+1015018	10.112	0.8299999	TYC 736-1643-1	~	*	1	b2	
600	06:38:32.52	10:27:38.30	06383252+1027382	11.117	1.2229996	TYC 750-1590-1	B3/5	*	2	b2	
601	06:11:34.02	10:34:22.10	06113401+1034221	11.647	1.6200008	EM* GGA 367	~	Em*	3	hb2	
602	06:30:20.65	10:31:48.00	06302065+1031479	10.945	1.5419998	EM* LkHA 340	~	Em*	11	b2	
603	06:32:06.21	10:36:27.60	06320620+1036276	11.005	1.9510002	EM* LkHA 344	K7e	Em*	11	h2	
604	06:36:31.73	10:51:37.50	06363172+1051375	7.213	0.37400007	LS VI +10 12	OB+	*iC	10	b2	
605	06:26:50.08	10:55:55.60	06265008+1055556	8.69	1.1529999	HD 257366	B3	Em*	11	b2	
606	06:17:34.61	11:11:27.30	06173460+1111273	8.869	1.4419999	HD 254647	Bpe	Be*	9	b2	
607	06:23:05.42	11:08:06.90	06230541+1108069	7.629	1.8599999	2MASS J06230541+1108069	~	IR	0	c3	
608	06:17:59.19	11:16:45.90	06175918+1116459	11.112	1.526	EM* GGA 377	B-	Em*	3	hb2	
609	06:31:09.56	11:15:05.00	06310955+1115050	6.042	1.0120001	HD 45995	B1.5Vne	Be*	133	b2	
610	06:38:09.34	11:26:18.40	06380934+1126184	9.68	0.4840002	HD 261013	A0V	*iC	1	b2	
611	06:36:02.60	11:34:24.20	06360259+1134242	10.476	1.8979998	TYC 741-1287-1	OB:e	Em*	4	hb2	
612	06:40:20.51	11:37:56.40	06402051+1137563	9.517	1.2189994	HD 261681	B	Em*	10	b2	
613	06:17:11.23	11:52:01.70	06171122+1152016	10.35	1.4110003	HD 254530	B3	Em*	9	b2	
614	06:30:39.74	11:48:27.70	06303974+1148277	10.961	1.2660007					b2	
615	05:13:40.85	11:59:11.80	05134084+1159117	8.24	1.6069999	IRAS 05109+1155	~	*	0	c3	
616	06:28:52.30	12:00:28.90	06285230+1200288	11.92	1.7980003					hb2	
617	06:36:30.59	12:02:42.10	06363059+1202420	10.32	1.6870003	TYC 741-267-1	Be	Em*	4	b2	
618	06:39:51.54	12:04:07.60	06395154+1204075	9.393	1.4240003	HD 261520	A0e	Em*	6	b2	
619	06:17:18.35	12:07:22.40	06171835+1207223	10.957	1.6080008	EM* GGA 376	Be	Em*	5	b2	
620	06:19:15.40	12:10:54.60	06191539+1210546	10.682	1.7139997	EM* GGA 378	OB?e	Em*	3	hb2	
621	06:19:45.15	12:06:05.70	06194515+1206056	11.594	1.7629995	EM* GGA 379	~	Em*	3	hb2	
622	06:35:42.54	12:11:23.10	06354253+1211230	9.606	1.6289997	TYC 741-459-1	~	*	0	b2	
623	06:12:26.91	12:12:35.80	06122691+1212358	6.831	1.835	V* EI Ori	C	C*	12	c3	
624	06:16:24.01	12:23:50.10	06162400+1223501	8.828	1.0740004	HD 254329	B	Em*	8	b2	
625	06:20:39.50	12:23:46.70	06203950+1223467	11.861	1.6370001					hb2	

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

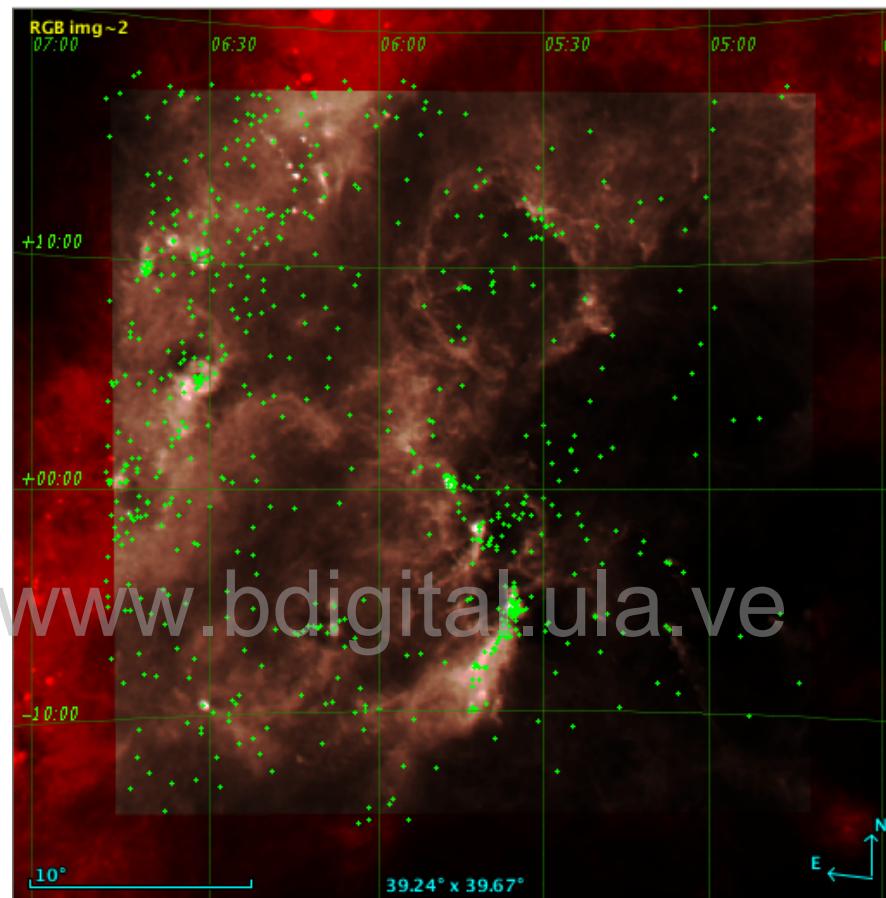
A. VERSIÓN COMPLETA DE LA TABLA 2.1

No.	RA(J2000)	DEC	2MASS_ID	J	K-12 μ m	SIMBAD				
						S_ID	SpT	Obj	Num.ref	Phot.PreId
626	06:21:46.07	12:24:25.10	06214607+1224250	11.537	1.7410002					h1
627	06:25:18.08	12:32:10.70	06251808+1232107	11.417	1.6449995					b2
628	06:37:16.18	12:39:59.20	06371617+1239591	10.237	1.6230001	HD 260698	B	Em*	9	b2
629	05:08:34.91	12:54:36.10	05083490+1254360	8.512	1.9719996	CRTS J050834.8+125435	~	LP*	1	2
630	06:09:53.69	13:00:12.90	06095368+1300129	9.737	1.4200001	TYC 738-1213-1	G0	*	1	hb2
631	06:15:03.92	13:15:32.30	06150392+1315322	11.132	1.6999998					hb2
632	06:04:07.19	13:33:56.80	06040718+1333568	8.43	0.88600016	HD 251050	B8	Em*	5	b2
633	06:36:53.75	13:32:19.30	06365375+1332192	11.038	1.4689999	2MASS J06365375+1332192	OB:e	Em*	3	b2
634	05:42:12.27	13:36:50.90	05421227+1336508	11.171	1.3870001	TYC 726-110-1	~	*	1	b2
635	06:40:44.81	13:38:56.90	06404481+1338568	11.195	1.698					hb2
636	05:18:52.77	13:43:11.90	05185277+1343119	9.2	0.6210003	BD+13 855	~	*	2	b2
637	06:38:42.00	13:42:25.50	06384199+1342255	9.28	0.4899997	HD 261168	B2	*	4	b2
638	05:54:44.74	13:51:17.00	05544474+1351170	7.686	1.2350001	HD 39680	O6V:[n]pevar	Be*	106	b2
639	06:09:40.17	13:57:51.20	06090416+1357512	11.549	1.4279995					b2
640	06:26:58.05	14:16:20.40	06265805+1416204	10.727	1.3850002	SS 42	OB:e	Em*	3	b2
641	05:41:30.11	14:18:22.60	05413010+1418225	7.685	1.8809998	IRAS 05386+1416	~	C*	3	c3
642	06:13:52.52	14:18:02.20	06135251+1418022	8.875	0.8819997	EM* GGA 370	OB	Em*	5	b2
643	06:31:45.33	14:33:48.60	06314533+1433485	8.706	0.9019995	BD+14 1325	~	**	3	b2
644	06:27:15.77	14:53:21.20	06271577+1453212	5.906	1.2810001	HD 45314	O9:ype	Be*	128	b2
645	06:23:24.68	15:06:06.50	06232468+1506065	7.33	1.2999997	HD 44637	B2V:pe	Be*	55	b2
646	06:47:19.37	15:06:10.90	06471937+1506109	8.065	1.711	IRAS 06444+1509	~	C*	3	c3
647	05:28:16.68	15:12:06.20	05281668+1512062	8.818	0.40499973	HD 243980	A2	*	1	b2
648	06:11:10.65	15:14:27.50	06111064+1514275	10.387	0.8920002	EM* GGA 366	OB	Em*	4	b2
649	06:22:34.35	15:19:02.00	06223435+1519019	8.126	1.053	Fien C 206	C	C*	6	c3
650	06:22:57.43	15:56:36.50	06225742+1556365	10.025	1.8149996	HD 256147	B0Ib	V*	10	b2
651	06:12:58.27	16:05:32.70	06125827+1605326	11.239	1.606					h1
652	06:21:21.33	16:07:43.80	06212133+1607437	9.924	0.8889994	EM* GGA 384	OB	Em*	8	b2
653	06:20:31.73	16:23:52.20	06203172+1623521	9.82	1.5849996	EM* GGA 381	OB:e	Em*	4	b2
654	06:23:28.05	16:23:41.70	06232805+1623416	10.571	1.4020004	TYC 1315-1714-1	~	V*	2	b2
655	06:13:54.17	16:31:05.00	06135416+1631049	8.391	1.8889999	HD 253659	B0.5V:nne	Be*	20	b2
656	05:44:06.24	16:40:45.10	05440624+1640451	7.557	1.546	C* 387	~	C*	4	c3
657	06:18:19.46	16:38:13.40	06181946+1638133	11.538	1.6199999					b2
658	06:38:03.22	16:38:55.30	06380321+1638552	11.224	1.4950008	TYC 1329-1172-1	OB-e	Em*	7	hb2
659	04:58:51.96	16:54:25.50	04585196+1654254	7.903	1.2649999	C* 272	C	C*	5	c3
660	06:32:07.43	16:55:39.20	06320742+1655391	11.11	1.717	PM2000 507758	~	*	1	hb2
661	06:35:08.30	17:01:52.50	06350830+1701524	11.675	1.8550005	UCAC4 536-030145	B	V*	4	hb2
662	05:51:26.83	17:08:29.60	05512683+1708296	9.764	0.5080004	TYC 1303-946-1	~	*	0	b2
663	06:22:27.04	17:10:33.20	06222703+1710332	11.632	1.7119999					hb2
664	06:35:00.45	17:10:44.80	06350045+1710447	11.578	1.8169994					b2
665	06:11:18.25	17:15:16.20	06111824+1715161	11.299	1.4029999					b2
666	06:21:15.34	17:13:28.70	06211534+1713287	10.037	1.335	EM* GGA 383	OB	Em*	4	b2
667	06:11:43.23	17:21:36.80	061114322+1721368	10.736	1.8849998					h1
668	06:37:03.39	17:18:37.00	06370338+1718370	11.078	1.3230009	LS 79	OB-	*	3	b2
669	06:16:17.43	17:33:42.10	06161743+1733421	5.948	1.267	IRAS 06133+1734	~	*	1	c3
670	06:29:45.81	17:32:16.60	06294581+1732165	10.931	1.2139997	TYC 1332-1419-1	OB-	*	6	b2
671	06:05:11.55	17:37:17.90	06051154+1737178	7.287	1.4059999					3
672	05:53:33.90	17:46:30.50	05533390+1746305	9.139	1.7850003	HD 39467	A	Em*	14	hb2
673	06:42:17.41	17:48:21.80	06421741+1748218	10.135	1.9190001	TYC 1334-2275-1	~	*	1	h1
674	05:55:20.31	17:59:46.00	05552030+1759460	5.912	1.0679998					2

NOTA:

(1) Campos en blanco: Candidatas sin correspondencia en SIMBAD

Figura A.1: Distribución espacial de las 674 candidatas a estrellas HAeBe en la región de estudio en Orión (puntos verdes). *Recuadro:* Área definida por $70^\circ < RA < 102^\circ$ y $-15^\circ < DEC < +18^\circ$

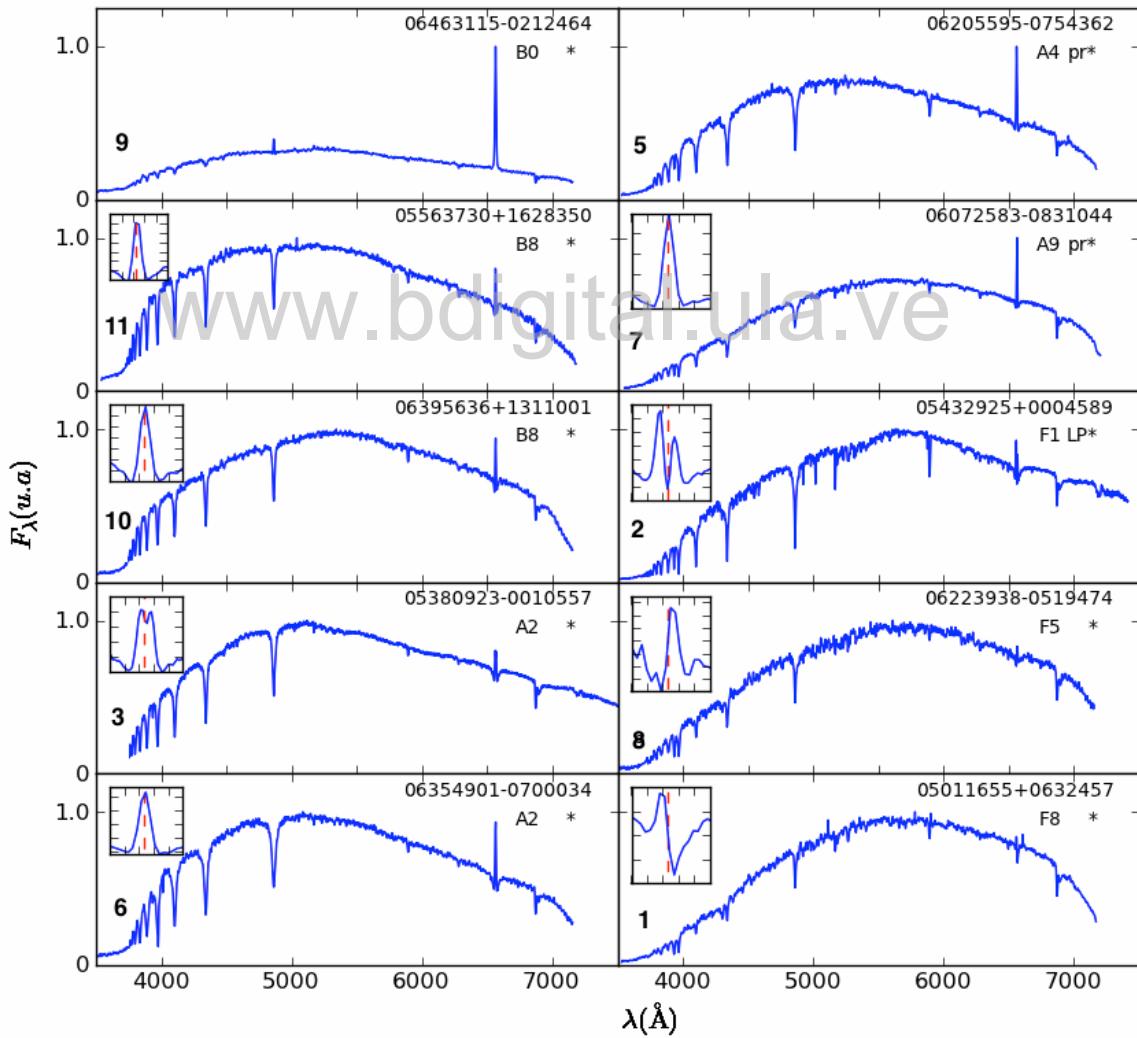


Apéndice B

**Espectros de grupos de estrellas
destacados de nuestra selección y
algunas de sus SEDs**

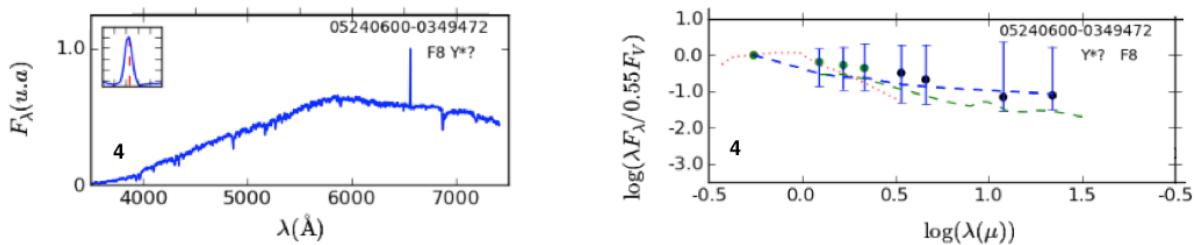
www.bdigital.ula.ve

Figura B.1: Espectros de las estrellas candidatas a HAeBe nuevas. La figura recompila los espectros para cada una de 10/11 estrellas candidatas a nuevas HAeBe, partiendo desde la más temprana. En los paneles en los cuales el rasgo de H_{α} se ve menos intenso se destaca un acercamiento del rasgo en torno a 6563 Å (línea segmentada roja punteada). Cada panel señala la identificación 2MASS, el tipo de objeto según base de datos SIMBAD, el tipo espectral encontrado en esta investigación y el número con el que se identifica cada estrella en su distribución espacial de la figura 4.2.



B. ESPECTROS DE GRUPOS DE ESTRELLAS DESTACADOS DE NUESTRA SELECCIÓN Y ALGUNAS DE SUS SEDS

Figura B.2: Espectros de las estrellas candidatas a HAeBe nuevas.- Continuación. *Panel derecho:* Se presenta el espectro de la estrella 1/11 candidata a nueva HAeBe. Se destaca un acercamiento del rasgo en torno al rasgo de H_{α} a 6563 Å (línea roja segmentada). Cada panel señala la identificación 2MASS, el tipo de objeto según base de datos SIMBAD, el tipo espectral encontrado en esta investigación y el número con el que se identifica cada estrella en su distribución espacial de la figura 4.2. *Panel izquierdo:* A su vez se muestra la SED asociada a dicha estrella con mismas especificaciones de figura 4.1.



www.bdigital.ula.ve

Figura B.3: Espectros de las dos estrellas candidatas a IMTTS. Se presentan los espectros de las estrellas que se confirman como estrellas IMTTS, partiendo desde la más temprana. Se destaca un acercamiento del rasgo en torno al rasgo de H_{α} a 6563 Å (línea roja segmentada). Cada panel señala la identificación 2MASS, el tipo de objeto según base de datos SIMBAD, el tipo espectral encontrado en esta investigación y el número con el que se identifica cada estrella en su distribución espacial de la figura 4.2 .

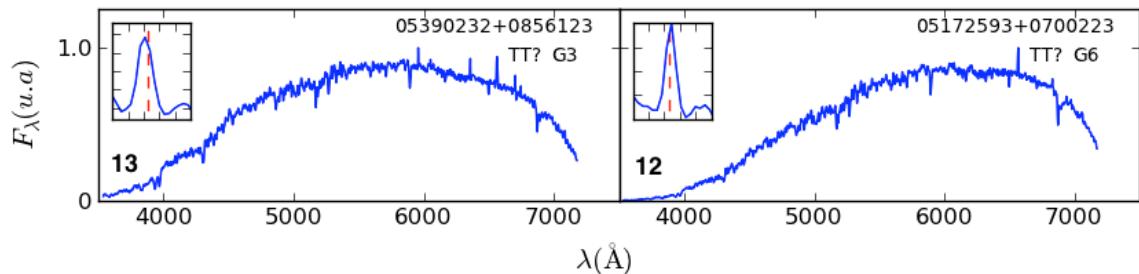


Figura B.4: Distribución espectral de energía (SEDs) para las dos estrellas candidatas IMTTS confirmando su naturaleza PMS. Se muestra la fotósfera equivalente de Kenyon y Hartmann 1995^[57] (línea roja punteada), y la SED media para los discos ópticamente gruesos en Taurus (línea verde segmentada) de Furlan (2006)^[30]. Las SEDs incluyen fotometría KHAR+ y de 2MASS (puntos verdes) y fotometría WISE (puntos azules). Cada panel señala la identificación 2MASS, el tipo de objeto según base de datos SIMBAD y el tipo espectral encontrado en esta investigación.

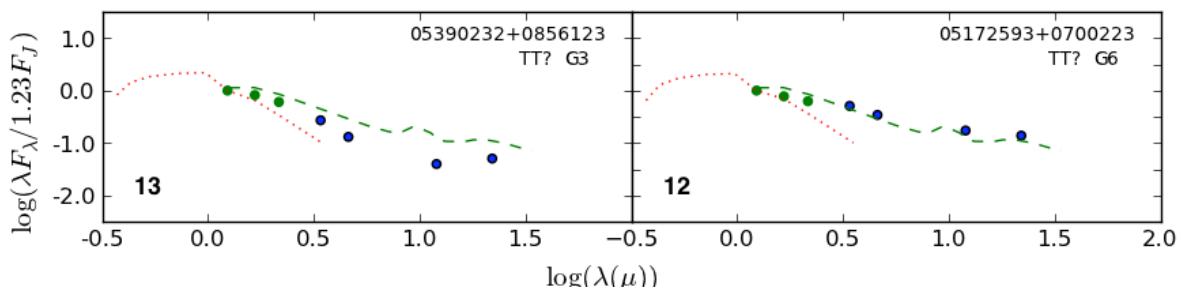
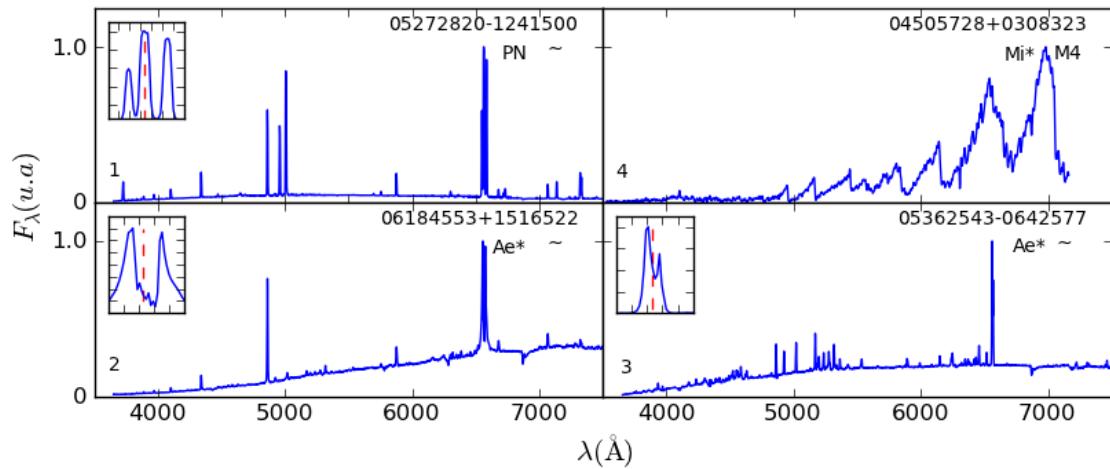


Figura B.5: Espectros de la estrella de tipo tardía y de los 3 objetos estelares no clasificados con SPTCLASS. Se presenta el espectro de una estrella que clasificó como tipo tardía M4 (estrella tipo AGB_O) así como también de los espectros de las 3 estrellas que no pudieron ser clasificadas con el código SPTCLASS. Se destaca un acercamiento del rasgo rasgo de H_α en torno a 6563 Å (línea roja segmentada) para aquellas que lo presentan en emisión. Cada panel señala la identificación 2MASS, el tipo de objeto según base de datos SIMBAD y el tipo espectral encontrado en esta investigación en caso de haber sido posible.



B. ESPECTROS DE GRUPOS DE ESTRELLAS DESTACADOS DE NUESTRA SELECCIÓN Y ALGUNAS DE SUS SEDS

Figura B.6: Distribución espectral de energía (SEDs) para las 14 estrellas candidatas IMS que resultaron sin emisión en H α obvia. Se muestra la fotósfera equivalente de Kenyon y Hartmann 1995^[57] (línea roja punteada), y la SED media para los discos ópticamente gruesos en Taurus (línea verde segmentada) de Furlan (2006)^[30]. Las SEDs incluyen fotometría APASS&KHAR09+ y de 2MASS (puntos verdes) y fotometría WISE (puntos negros). Cada panel señala la identificación 2MASS, el tipo de objeto según base de datos SIMBAD y el tipo espectral encontrado en esta investigación.

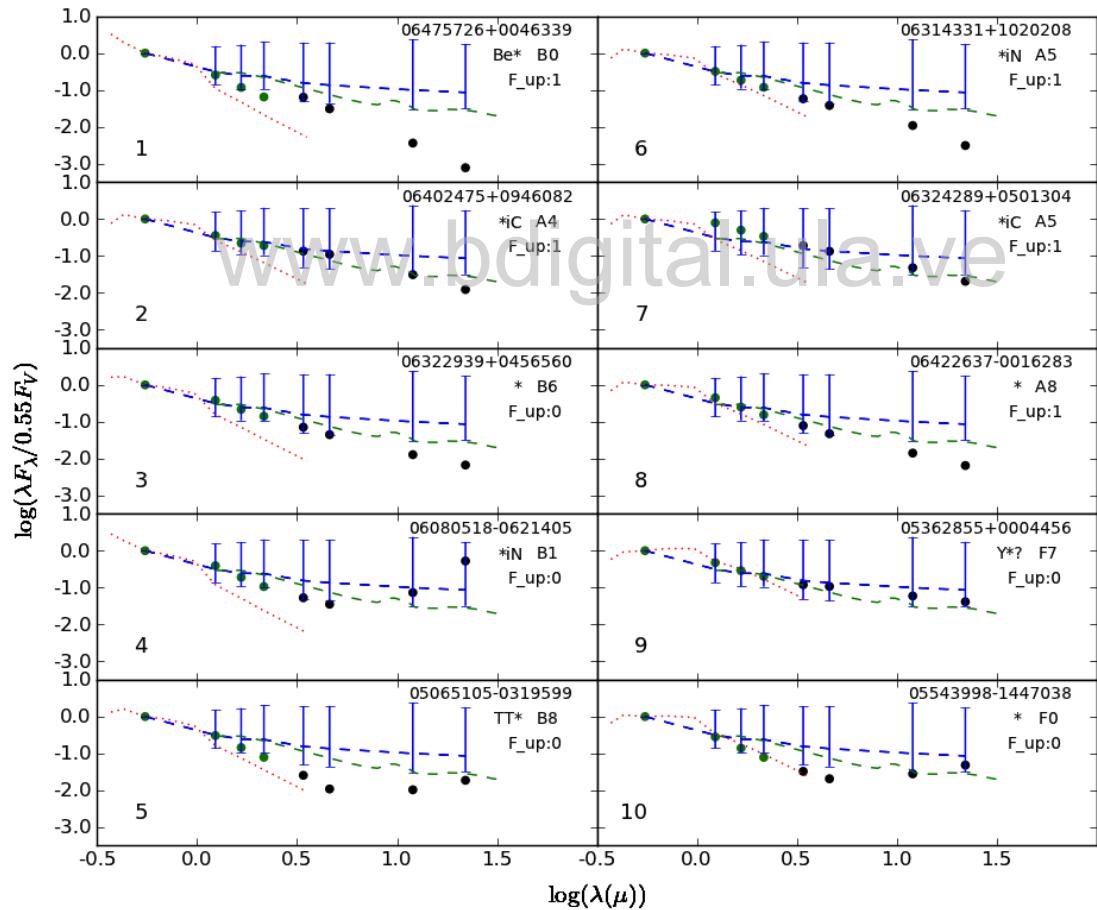
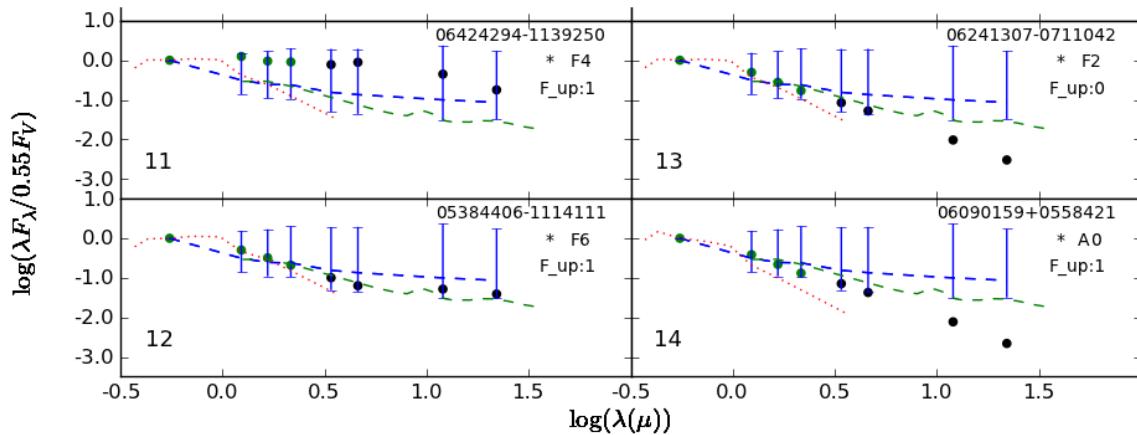
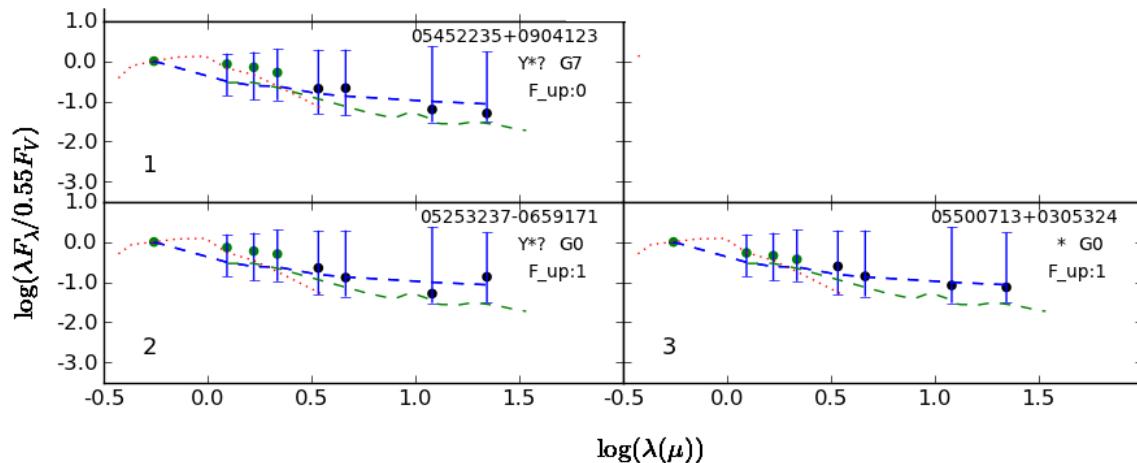


Figura B.7: Distribución espectral de energía (SEDs) para las 14 estrellas candidatas IMS que resultaron sin emisión en H α obvia. Continuación (4/14)



www.bdigital.ula.ve

Figura B.8: Distribución espectral de energía (SEDs) para las 3 estrellas candidatas IMTTS que resultaron sin emisión en H α obvia.



Apéndice C

Glosario de Tipos de Objetos en SIMBAD del Capítulo 4

Tabla C.1: Glosario de Tipos Objetos SIMBAD

Siglas	Explicación Extendida
**	Estrella doble o múltiple
Ae*	Estrella Herbig Ae/Be
Em*	Estrella de emisión
Y*?	Candidata a objeto estelar joven
Y*O	Objeto estelar joven
pr?*	Candidata estrella Pre-secuencia principal
pr*	Estrella Pre-secuencia
TT?	Candidata a estrella TTau
TT*	Estrella tipo Tau
Be*?	Posible estrella Be
Be*	Estrella Be
iC	Estrella en cúmulo
iN	Estrella en Nebulosa
Or*	Estrella variable de tipo Orion
RI*	Estrella variable con variaciones rápidas
Ir*	Estrella variable de tipo irregular
dS*	Estrella variable del tipo delta Sct
SB*	Binaria espectroscópico
EB*	Binaria eclipsante
PN	Nebulosa planetaria
pA*	Estrella Post-AGB (proto-PN)
LP?	Candidata a estrella variable de largo período
LP	Estrella variable de largo período
Mi?	Candidata a Mira
Mi	Mira

NOTA: Para casos no contemplados aquí, se recomienda ampliar información vía: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-display?data=otypes>

Apéndice D

Clasificación fotométrica preliminar de las 581/674 candidatas sin correspondencia en KHAR09+

www.bdigital.ula.ve

Tabla D.1: Clasificación fotométrica preliminar de las 581/674 candidatas sin correspondencia en KHAR09+.

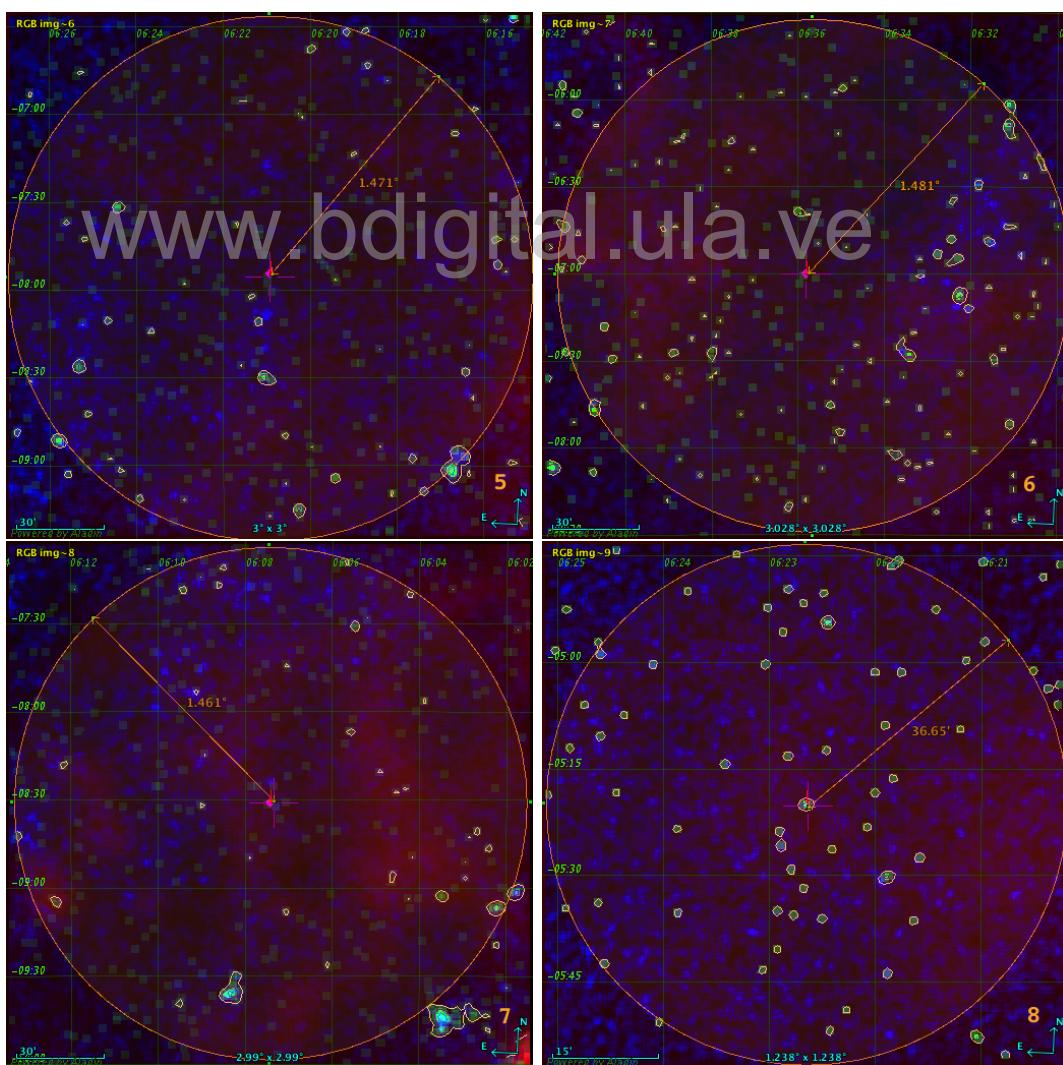
Tipo Obj.	No. Estrellas	%
YSOs/HAeBe	270	40.05
CBe/HAeBe	35	5.19
CBe	122	18.10
AGB-C	122	18.10
PNeb	1	0.15
PNeb/HAeBe	1	0.15
Fuera de Locus	27	4.00
Sin W4 (22μm)	3	0.44

Apéndice E

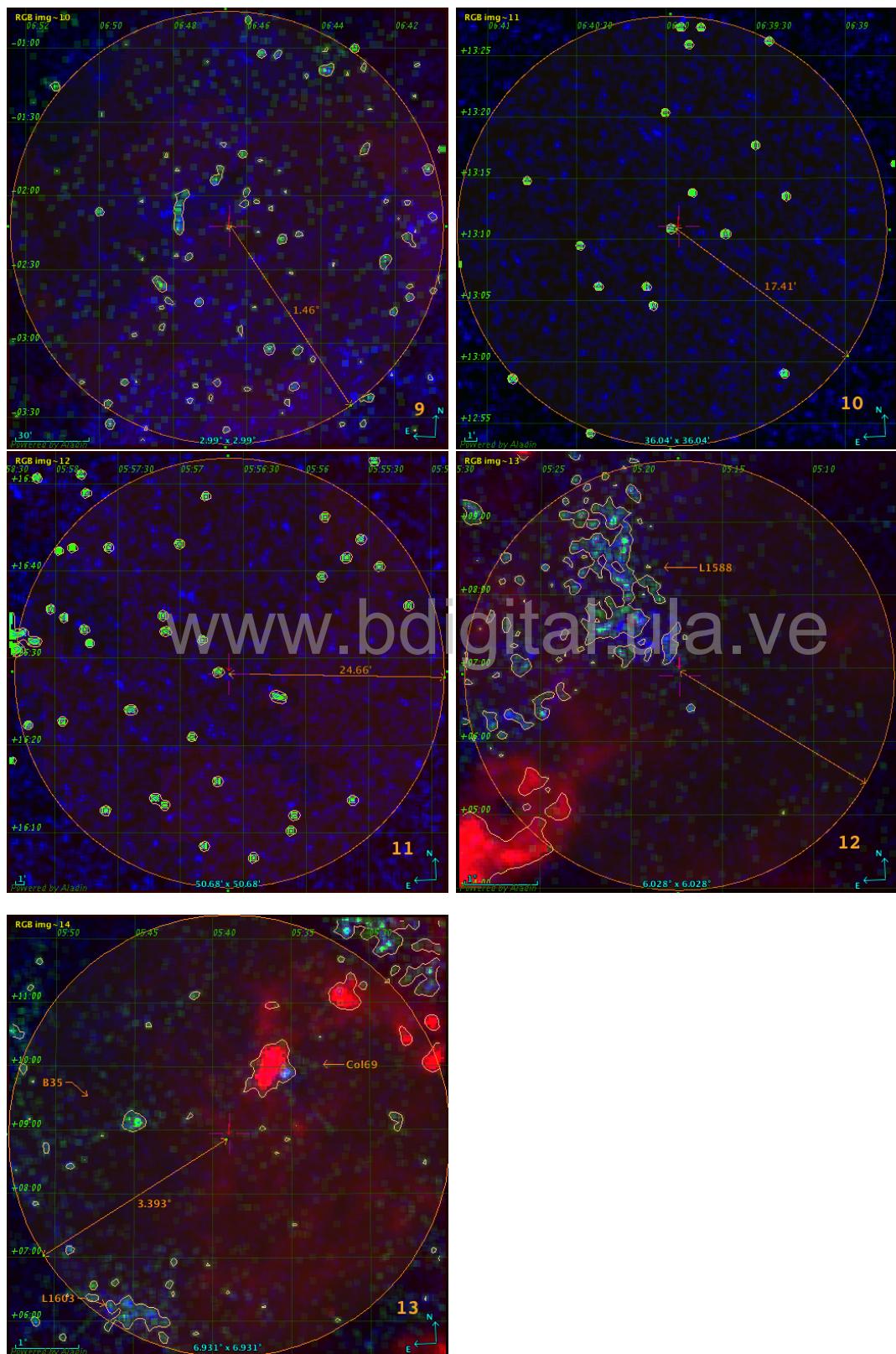
Diagramas de sobredensidad estrellas candidatas a nuevas HAeBe e IMTTS.- Continuación

www.bdigital.ula.ve

Figura E.1: Diagramas de sobredensidad en torno a candidatas a nuevas HAeBe e IMTTS.- Continuación a figura 5.10. El mosaico es una representación RGB de las imágenes de: a) Mapa de polvo SFD, 1998 (rojo), b) Mapa de sobredensidad de estrellas PMS por encima de la isócrona de 50 Maños pertenecientes al locus HAeBe en DCC J-K vs. K-[22] μ m (verde) y c) Mapa de sobredensidad de estrellas PMS por encima de la isócrona de 50 Maños (azul). Los paneles presentan los resultados para cada candidata centrada en la imagen. El área encerrada por el círculo naranja demarca la zona de extensión del radio de vinculación, cuyo valor representa el límite superior en distancia angular que pudiese haber podido recorrer la estrella a la velocidad típica de 2 km s^{-1} en 10 Maños. El número del panel es alusivo al mismo número de identificación del mapa de distribución espacial. Código de numeración para **IMS**: 5) 06205595-0754362, 6) 06354901-0700034, 7) 06072583-0831044, 8) 06223938-0519474, 9) 06463115-0212464, 10) 06395636+1311001 y 11) 05563730+1628350, caso **IMTTS**: 12) 05172593+0700223 y 13) 05390232+0856123.



E. DIAGRAMAS DE SOBREDENSIDAD ESTRELLAS CANDIDATAS A NUEVAS HAEBE E IMTTS.- CONTINUACIÓN



Listado de Figuras

1.1	Diagrama esquemático de la estructura del disco y sus escalas espaciales tomado de Dullemond et al. ^[21]	11
1.2	Representación gráfica de las dos geometrías para el disco según Dullemond et al. 2004 ^[19]	12
1.3	Distribuciones espectrales de energía 0.30-100 μm corregidas por enrojecimiento representando la clasificación de Hillenbrand ^[47]	13
1.4	Distribuciones espectrales de energía representando la clasificación de Meeus ^[76]	14
1.5	Distribuciones espectrales de energía representando clasificación de Sartori ^[95]	16
1.6	Diagrama resumen de los tipos de discos en función de sus SEDS	17
1.7	WISE vs. IRAS. Imagen comparativa	18
2.1	Mapa de polvo SFD ^[97] de la región de estudio en Orión indicando algunas zonas de formación estelar relevantes.	22
2.2	Diagrama color-magnitud J-K vs. J. Selección de estrellas por encima de la ZAMS	24
2.3	Selección de estrellas con exceso en 12 μm en el diagrama color-magnitud K-12 vs. J.	25
2.4	Diagrama color-color J-H vs. H-K. Selección de grupos de estrellas candidatas	28
3.1	Límite de completitud en el catálogo óptico KHAR09+	34
3.2	Diagrama color-color J-K vs. K-[22 μm]. Regiones de objetos estelares con excesos en IR	41

LISTA DE FIGURAS

3.3	Distribución de nuestras candidatas a estrellas HAeBe función de su ubicación en el diagrama color-color J-K vs. K-[22 μ m]	42
4.1	Distribución espectral de energía (SEDs) para las estrellas candidatas a nuevas HAeBe	53
4.2	Distribución espacial de las 93 estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} en el mapa polvo SDF ^[97] de la región de estudio	57
4.3	Diagrama color-color J-K vs. K-W4 de las estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} en base a clasificación espectroscópica	59
4.4	Diagrama color-color J-K vs. K-W4 de las estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} en base a clasificación preliminar fotométrica	61
5.1	Distribución de distancias de 63/93 estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} por rangos de distancia GAIA	65
5.2	Distribución espacial tridimensional de las 63/93 estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} por rangos de distancia GAIA	66
5.3	Distribución espacial de las 93 estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} en el mapa polvo SDF ^[97] de la región de estudio por rangos de distancia GAIA	67
5.4	Diagrama comparativo del valor de Av calculado a partir de [B]-[V] y [V]-[J] para distintos tipos Rv	70
5.5	Diagrama HR de las estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} con paralajes GAIA y Rv=3.1	72
5.6	Diagrama HR de las estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} con paralajes GAIA y Rv=5.0	73
5.7	Diagrama color magnitud B-V vs. V de 29/93 de las estrellas del grupo C_HAeBe _{Óptico} sin correspondencia en distancia GAIA	75
5.8	Diagrama color magnitud B-V vs. V de las 365/674 candidatas con correspondencia óptica en APASS no presentes en KHAR09+	76
5.9	Diagrama color magnitud G-J vs. G de las 96/674 candidatas sin correspondencia óptica KHAR09+ o APASS	78
5.10	Diagramas de sobredensidad en torno a candidatas a nuevas HAeBe e IMTTS.	81

LISTA DE FIGURAS

A.1	Distribución espacial espacial de las 674 candidatas a estrellas HAeBe en mapa polvo SDF ^[97] en región de estudio	107
B.1	Espectros de las estrellas candidatas a HAeBe nuevas.	109
B.2	Espectros de las estrellas candidatas a HAeBe nuevas.- Continuación. . .	110
B.3	Espectros de las dos estrellas candidatas a IMTTS	110
B.4	Distribución espectral de energía (SEDs) para las dos estrellas candidatas IMTTS confirmando su naturaleza PMS.	111
B.5	Espectros de la estrella de tipo tardía y de los 3 objetos estelares no clasificados con SPTCLASS	111
B.6	Distribución espectral de energía (SEDs) para las 14 estrellas candidatas IMS que resultaron sin emisión en H α obvia	112
B.7	Distribución espectral de energía (SEDs) para las 14 estrellas candidatas IMS que resultaron sin emisión en H α obvia. Continuación	113
B.8	Distribución espectral de energía (SEDs) para las 3 estrellas candidatas IMTTS que resultaron sin emisión en H α obvia.	113
E.1	Diagramas de sobredensidad en torno a candidatas a nuevas HAeBe e IMTTS..- Continuación a figura 5.10	117

Listas de Tablas

2.1	Tabla de candidatas a estrellas HAeBe. Selección fotométrica.	29
2.2	Tabla de espectrógrafos de baja resolución usados en este trabajo	30
3.1	Tabla de catálogos de estrellas HAeBe y posibles objetos contaminantes conocidos.	39
3.2	Tabla de porcentajes de objetos estelares en función de las Cajas Fotométricas de Mínima Área	42
3.3	Tabla de porcentajes de objetos estelares por regiones generales en el DCC $J-K$ vs. $K-[22 \mu m]$	43
4.1	Tabla de clasificación espectral para candidatas a estrellas HAeBe. Selección espectroscópica.	51
4.2	Tabla de candidatas a estrellas IMS sin emisión en H_{α} . Selección espectroscópica	54
4.3	Tabla de candidatas a estrellas IMTTS. Selección espectroscópica	55
4.4	Tabla de candidatas a estrellas en rango de IMTTS sin emisión en H_{α} . Selección espectroscópica	55
4.5	Tabla de candidatas a otros objetos de estatus evolutivo incierto. Selección espectroscópica	56
4.6	Tabla comparativa entre las candidatas predichas mediante el método fotométrico y sus correspondientes obtenidas vía el método espectroscópico.	60
5.1	Tabla de valoración de aspectos consistentes con objetos estelares jóvenes	82
A.1	Tabla de candidatas a estrellas HAeBe. Selección fotométrica.	93

LISTA DE TABLAS

www.bdigital.ula.ve