

TESIS

"ESTRUCTURA ESPIRAL EN PUPPIS"

por

Ana Maria Orsatti

Facultad de Ciencias Astronomicas y Geofisicas de la Universidad
Nacional de La Plata.

Director de Tesis: Dr. Juan Carlos Muzzio

- 1988 -

À mis padres

Agradecimientos

Es un deber y un placer agradecer en este espacio a distintas personas e Instituciones que han colaborado de muchas formas para que pudiera concretarse este trabajo.

En primer lugar, deseo agradecer al Dr. Juan Carlos Muzzio por haber sugerido el tema y por su asesoramiento y guía permanente brindada durante todo su desarrollo.

A la Calculista Científica Griselda Ginestet por su asesoramiento en el manejo de la computadora HP1000 y por solucionar tantos pequeños problemas.

Al Sr. Roberto Leonardi, por su asesoramiento en el manejo del programa para ejecutar gráficos.

A la Sra. Silvia Abel de Rocha, por la confección de tablas y procesamiento de textos.

A la Sra. María Cristina Fanjul de Cornejo, por los gráficos manuales y procesamiento de textos.

A mis compañeros de trabajo, cuyo apoyo y aliento sincero hicieron más agradable la tarea.

Es un placer agradecer también a las autoridades del Observatorio Inter-Americano de Cerro Tololo (CTIO) (La Serena, Chile) por los turnos que me concedieron y que hicieron posible recoger todo el material para esta investigación, así como la eficiencia y amabilidad del personal

tecnico y de apoyo de esa institucion.

Finalmente, mi agradecimiento al Observatorio Astronomico de La Plata (actualmente Facultad de Ciencias Astronomicas y Geofisicas) en donde curse mis estudios y lleve a cabo este trabajo.

INDICE

CAPITULO I : La region de Puppis

1. Introduccion.....	1
2. La zona de Puppis.....	3

CAPITULO II : Las estrellas OB como indicadores de estructura galactica.

1. Introduccion	10
2. Sistemas de clasificacion y busqueda de estrellas OB	11
3. Material observacional	16
4. Determinacion de las coordenadas ecuatoriales	18
5. Busqueda de estrellas Be	19
6. Resultado de la busqueda de estrellas OB en Puppis	20
7. Comparacion entre el sistema de Slettebak y Stock y el sistema de prisma delgado	22

CAPITULO III : Fotometria Fotoelectronica y Fotografica de estrellas OB.

1. Fotometria Fotoelectronica UBV	24
2. Fotometria Fotografica UBV	26
2.a. Errores de las magnitudes fotograficas	27

2.b. Material fotografico	28
2.c. Eleccion de las secuencias standard	29
2.d. Ecuacion de color y errores internos y externos	31
3. Calculo de distancias fotometricas y espectroscopicas	33
3.a. Valor de R en Puppis	33
3.b. Distancias fotometricas y espectroscopicas	34

CAPITULO IV : Indicadores de brazos espirales.

1. Introduccion.....	37
2. Asociaciones OB.....	38
3. Cumulos abiertos jovenes.....	41
4. Estrellas OB.....	45
5. Estrellas Be.....	46
6. Regiones H II.....	48
7. Cefeidas de largo periodo.....	51
8. Estrellas Wolf-Rayet.....	54
9. Asociaciones R.....	55

CAPITULO V : Distribucion de indicadores espirales.

1. Introduccion.....	58
2. Distribucion general de las estrellas OB.....	58
3. Estudio de la Zona I.....	61
3a. Introduccion.....	61
3b. Analisis.....	62

4. Estudio de la Zona II.....	75
4a. Introduccion.....	75
4b. Puppis OB1 y Puppis OB2.....	75
4c. Analisis.....	78
5. Estudio de la Zona III.....	83
5a. Introduccion.....	83
5b. Analisis.....	83
6. Distribucion de indicadores espirales.....	86
7. Estudio de la absorcion interestelar.....	87
CAPITULO VI : Conclusiones.....	94

CAPITULO I

La región de Puppis

1. Introducción

Durante años, observadores ópticos y de radio han dedicado numerosos esfuerzos a la tarea de contestar dos preguntas fundamentales: cuáles son las principales características de los rasgos espirales presentes en nuestra Galaxia (segmentos de brazos, uniones entre brazos, bifurcaciones de los brazos principales) y cuál es el modelo espiral más adecuado de acuerdo con las observaciones.

La tarea de trazar la estructura espiral ha sido notablemente difícil, lo que en gran parte se debe a que por nuestra posición dentro del disco galáctico nos resulta más sencillo observar las características que presentan otras galaxias y no las propias. Pese a que la presencia de polvo interestelar asociado con el plano impide llegar más allá de unos pocos kiloparsecs desde el Sol con estudios ópticos, el método más directo para determinar la estructura de la Galaxia sigue siendo el de graficar distancias estelares ópticas. La única desventaja reside en que por lo común estas distancias tienen errores del orden de un 10% como mínimo y esto lleva a fuertes incertezas en el caso de objetos distantes. Además, el cálculo de distancias espectrofotométricas sólo puede aplicarse a un número relativamente pequeño de objetos que se relacionan estrechamente con la estructura espiral: asociaciones OB y R, cúmulos abiertos jóvenes,

cefeidas, estrellas OB , Be y Wolf-Rayet, regiones H II

Otro método consiste en determinar distancias cinemáticas a partir de velocidades de algunas líneas espectrales, y del uso de una curva de rotación. Se lo puede aplicar a la parte gaseosa de una región H II o a las emisiones del hidrógeno neutro o de la molécula de carbono.

En este caso se presenta el problema de que en el interior del círculo solar, a cada velocidad corresponden dos distancias posibles y se necesita información adicional para decidir; fuera del círculo solar, la distancia así determinada es única, pero aun persisten los problemas de las incertezas en la curva de rotación, de la existencia de "streaming motions" y de las dispersiones intrínsecas en las velocidades de los trazadores galácticos.

Las primeras evidencias acerca de la estructura espiral de la Galaxia provienen de los trabajos de Morgan y sus colaboradores (1952). De acuerdo con ellas, y con estudios posteriores (por ejemplo, Becker y Fenkart, 1970), dentro de unos pocos kiloparsecs del Sol, ópticamente se reconocen tres rasgos espirales básicos: el brazo de Sagitario ($l = 340^\circ$ a 30°), entre 1 y 2 kpc desde el Sol, el brazo Local (Cygnus-Orion) y el de Perseo ($l = 100^\circ$ a 150°) a distancias entre 2 y 3 kpc desde el Sol.

Son numerosos los trabajos que coinciden con esta visión de la estructura local de la Vía Láctea; sin embargo, cuando se trata de esclarecer las características que se presentan a distancias superiores a unos pocos kiloparsecs, surgen diferentes opiniones acerca de la forma en que deben combinarse los rasgos espirales que se detectan. Existen

varias zonas de la Vía Láctea en las que falta un trabajo de investigación profundo, que permita determinar la validez de las distintas teorías acerca del trazado de rasgos espirales; una de ellas es la de Puppis.

2.-La zona de Puppis

La región de Puppis de la Vía Láctea austral, que se extiende entre las longitudes 230° y 260° aproximadamente, desde la década pasada concentra la atención de los observadores ópticos por su carácter de zona clave para delinear la estructura espiral de la Galaxia en el 3er. cuadrante. Durante muchos años, la falta de estudios ópticos en el Hemisferio Sur impidió el desarrollo de investigaciones acerca de la estructura espiral en la región. Como ejemplo, mencionemos que hacia 1970 sólo un 14% de los cúmulos abiertos al Sur de -20° listados en el Catalogue of Star Clusters and Associations (Alter, Ruprecht y Vanysek, 1970) habían sido observados. Pero la inauguración de los Observatorios australes CTIO y ESO a fines de la década del '60, acentuaría el interés por desarrollar estudios en las regiones australes.

Con los primeros trabajos en Puppis surge un tema central: el de una posible extensión del brazo Local hacia $l = 245^{\circ}$. Havlen (1972) y Georgelin et al. (1973) encuentran varias asociaciones y regiones H II distantes en Puppis, que sugieren que un brazo espiral o "spur" se extiende hasta distancias de unos 6 kpc desde el Sol.

También en esos años, Vogt y Moffat comienzan un programa de observación de cúmulos abiertos en el Hemisferio Sur, incentivados por

la publicación del "Catalogue of Luminous Stars in the Southern Milky Way" (Stephenson y Sanduleak, 1971), que les ofrecía la posibilidad de seleccionar para su observación aquellos cúmulos estelares con un mayor número de estrellas luminosas; con ese criterio, se simplificaba la tarea de individualizar cúmulos jóvenes, útiles para estudios posteriores de estructura galáctica. Sobre la base de estas observaciones, Vogt y Moffat (1975) publican un estudio sobre la estructura en el 3er. cuadrante, en el cual ya se mencionan los otros dos temas que hacen interesante a la zona de Puppis: la posible extensión del brazo de Perseo hacia estas longitudes, y la presencia de indicadores a grandes distancias del Sol, pertenecientes a un brazo exterior al de Perseo. En ese trabajo se menciona la existencia de un grupo de 6 cúmulos entre $l = 235^\circ$ y $l = 255^\circ$ a una distancia de aproximadamente 4 kpc, que probablemente se asocian con el brazo Local extendido hacia la prolongación del brazo de Perseo (+I). En la dirección $l = 245^\circ$ se ubican otros 4 cúmulos a una distancia de 5-6 kpc que podrían formar parte tanto de una extensión del brazo Local como de un brazo más externo al de Perseo; la existencia de este brazo (+II), que ellos denominan "de 15 kiloparsecs" fue sugerida por Moffat y Vogt (1973) y de acuerdo con lo que encuentran estos autores se extendería entre $l = 105^\circ$ y $l = 215^\circ$, al menos.

Posteriormente, Moffat et al. (1979), en un estudio acerca de regiones H II y su distribución galáctica, encuentran que el brazo de Perseo continúa probablemente más allá de $l = 140^\circ$ (que es donde ese brazo parece cortarse abruptamente en la parte óptica) a una distancia de aproximadamente 2,2 kpc del Sol, hasta $l = 240^\circ$, a una distancia de unos 3 kpc, donde el brazo Local se une con él. Aparecen también

indicios de un rasgo espiral más externo (+II), que se extendería desde $l = 150^\circ$ (a 5 kpc desde el Sol), hasta $l = 245^\circ$ (a unos 6,5 kpc).

Por último, Humphreys (1979) sugiere que tanto el brazo de Sagitario-Carina como el de Perseo son en realidad secciones de los dos brazos espirales de mayor importancia en nuestra Galaxia, y que probablemente el rasgo espiral local sea un "spur" relacionado con el brazo de Perseo y no con el brazo de Sagitario-Carina. Humphreys también sugiere realizar un mayor número de estudios ópticos entre $l = 230^\circ$ y $l = 260^\circ$, teniendo en cuenta que en varias búsquedas de estrellas jóvenes se detectaron objetos muy alejados.

La zona de Puppis está incluida en varias búsquedas de estrellas luminosas como la de Stephenson y Sanduleak (1971), quienes detectaron estrellas OB en la región que se estudia hasta $B \approx 12$ mag. Otra búsqueda de estrellas de tipos hasta B5 es la realizada por Nordstrom en 1975, también en placas de prisma objetivo; sin embargo, muchos de los objetos que se encontraron en este trabajo resultaron ser poco luminosos, en estudios posteriores.

También se han realizado búsquedas de estrellas OB en pequeñas zonas que rodean cúmulos jóvenes. FitzGerald y colaboradores han buscado estos objetos en torno a Ru 44 (Moffat y FitzGerald, 1974), a NGC 2453 (Moffat y FitzGerald, 1974), a Haffner 19 y 18ab (FitzGerald y Moffat, 1974) y en torno a Bochum 15 (FitzGerald, Hurkens y Moffat, 1976). McCarthy y Miller (1974) estudiaron varias pequeñas zonas de la Vía Láctea empleando placas obtenidas usando una red de transmisión; tres de ellas se ubican en Puppis.

Sin embargo, en todos los casos se trata de regiones que cubren unos pocos grados cuadrados de superficie y no alcanzan para dar un panorama general de la distribución de estrellas OB en Puppis.

Otro tema que atrae la atención de los observadores ópticos en Puppis, se relaciona con la baja absorción interestelar que presenta la región en las cercanías del plano galáctico. Desde el análisis de Neckel (1967) sobre absorción interestelar en la Galaxia a partir de la información provista por cúmulos abiertos, estrellas de tipos tempranos, cefeidas y otros objetos, se sabe que la región de Puppis cercana al plano galáctico tiene una absorción muy baja. Estudios posteriores confirmaron que el enrojecimiento de casi todos los objetos a distancias entre 1 y 4 kpc, se debe a la presencia de nubes locales situadas a distancias del orden de los 400 pc del Sol (Cameron Reed y FitzGerald, 1984) con un valor medio de los excesos de 0.3 mag. Más allá de los 4 kpc, en general el enrojecimiento parece crecer muy lentamente hasta llegar a una absorción en el visual de 1.6 magnitudes para una distancia heliocéntrica de 9 kpc, siempre cerca del plano.

FitzGerald (1974) pudo identificar 18 posibles galaxias en una placa de 90 minutos de exposición centrada en $(245^{\circ}, 0^{\circ})$, la zona que es llamada "ventana de Puppis" por su absorción notablemente baja para un campo estelar sobre el plano galáctico. FitzGerald encuentra que todas estas galaxias se ubican por encima del plano, ninguna por debajo. Este hecho podría relacionarse con lo encontrado por Kerr y Westerhout (1965) acerca de la distribución del hidrógeno neutro en el 3er. y 4to. cuadrantes. Cuando se grafica la distribución del gas por encima y por debajo del plano medio de la Galaxia, o sea el definido por el gas

dentro del círculo solar, se encuentra que entre $l = 10^\circ$ y $l = 180^\circ$ el gas se ubica principalmente por encima del plano medio, pero a partir de $l = 180^\circ$ lo hace por debajo. Esto se conoce con el nombre de "warp" de las partes exteriores de la Galaxia. Burns, FitzGerald y Reed (1984) analizaron la distribución de la extinción interestelar y de estrellas tempranas en un campo centrado en $(l,b) = (253^\circ, -7^\circ)$, que se supone ubicado en el borde inferior del "warp". de la distribución del HI en esta región de la Vía Láctea, para efectuar una comparación con lo que se encontró en $(l,b) = (245^\circ, 0^\circ)$ a través de varios trabajos (Wilson, 1970; Wilson y FitzGerald, 1972; Reed y FitzGerald, 1982a, 1984; etc.). Burns et al. determinan que la extinción en esa zona tiene un comportamiento similar al encontrado en $(245^\circ, 0^\circ)$ hasta una distancia de 3 kpc del Sol; pero, mientras cerca del plano la extinción no parece aumentar significativamente a partir de esa distancia, en el campo más alejado hay indicios de un incremento de la extinción, ya que ellos no pueden detectar galaxias en placas de larga exposición de la región. Esto apoyaría la idea de que existe un "warp" en la distribución del polvo galáctico, similar a la del hidrógeno neutro.

Como se ve, a pesar de que existen varios estudios sobre grupos aislados en Puppis, aún no se tiene una información completa sobre la distribución general de las estrellas OB ni sobre identificación de asociaciones OB, y tampoco está completo el trazado de brazos o rasgos espirales en la región. Este trabajo intentará aportar, por lo tanto, nuevos indicios acerca de cada uno de estos problemas no resueltos.

Para ello, se tratará de aumentar el número de estrellas OB conocidas en la región y estudiar la forma en que se distribuyen, con la

posibilidad de detectar nuevos agrupamientos de estrellas jóvenes que ayuden a delinear mejor los rasgos espirales existentes. Para estos fines, se va a desarrollar una búsqueda de estrellas OB en el intervalo $l = 240^{\circ} - 250^{\circ}$, que incluye la supuesta extensión o ramificación del Brazo Local hacia la extensión del Brazo de Perseo en el 3er. cuadrante. La técnica a emplear será la de una búsqueda en placas obtenidas con el prisma objetivo "delgado" adosado a una cámara Schmidt; en esas condiciones se pueden detectar objetos entre 2 y 3 magnitudes más débiles (y por lo tanto más distantes) que los descubiertos en búsquedas comunes con prisma objetivo. Las placas de cámara Schmidt cubren un campo aproximado de 5 grados cuadrados y con ellas se puede abarcar en forma adecuada la zona en cuestión.

Al centrar las placas se dará preferencia a las latitudes negativas, ya que en este cuadrante el H I se distribuye por debajo del plano galáctico medio (Weaver y Williams, 1974); por lo tanto puede suponerse que los objetos jóvenes también seguirían la misma tendencia.

Se va a realizar una recopilación de datos de otros indicadores que son útiles en la tarea de delinear rasgos espirales (asociaciones OB y R, cúmulos abiertos jóvenes, estrellas Be, cefeidas, estrellas OB, etc.) para que junto a los correspondientes a las estrellas OB descubiertas en esta búsqueda se intente aislar nuevos agrupamientos estelares; su ubicación puede dar información importante en el intento de trazar con más firmeza la extensión de un rasgo espiral. Este análisis abarcará el intervalo $230^{\circ} - 260^{\circ}$ y entre $+2^{\circ}$ y -5° en latitud para tener un panorama más amplio de la situación en el cuadrante. Del estudio de la extinción interestelar en la zona se podrá deducir si no se detecta un brazo

espiral debido a que existe una fuerte cantidad de polvo a lo largo de la visual, o si realmente tal rasgo no existe.

Por otra parte, se tratará de comprobar si los objetos jóvenes, así como el polvo, se ubican preferentemente por debajo del plano en esta región siguiendo la tendencia del warp del H I. Finalmente, se realizará un análisis global de la información proveniente de cada uno de los puntos anteriores en un intento de aclarar si el brazo Local y el de Perseo se unen o si existe una brecha ("gap") entre ellos, con lo cual el brazo de Orion podría ser un spur, así como analizar si existen nuevos indicios de la existencia del brazo de 15 kpc en el rango óptico.

CAPITULO II

Las estrellas OB como indicadores de estructura galactica

1. Introduccion

Los rasgos espirales de nuestra Galaxia, asi como ocurre en otras, quedan definidos por la presencia de estrellas jovenes luminosas y por el gas y el polvo asociado a ellas.

En esta categoria se incluyen objetos tan diversos como estrellas Wolf-Rayet, cefeidas de largo periodo, cumulos abiertos jovenes, regiones H II, asociaciones OB, etc, los que por mayor o menor merito propio pueden contribuir a revelar la existencia de un rasgo espiral.

En particular, las estrellas OB luminosas son consideradas como buenos trazadores espirales ya que ademas de ser jovenes, lo que asegura que no se han apartado demasiado de sus lugares de nacimiento, poseen una luminosidad intrinseca que facilita su deteccion a grandes distancias aun en presencia de absorcion interestelar considerable. Ademas, a diferencia de otros trazadores espirales, se las encuentra en cantidades razonablemente abundantes, en especial tomando espectros de prisma objetivo con telescopios de gran campo; su gran numero facilita entonces el reconocimiento de un rasgo espiral a traves del estudio de su distribucion.

2. Sistemas de clasificacion y busqueda de estrellas OB

Las estrellas OB estan constituidas por las estrellas mas luminosas de la Secuencia Principal: las de clase O, en cuyos espectros se destacan las lineas de absorcion del carbono, nitrogeno y helio ionizados; y estrellas de la clase B donde dominan las lineas neutras del hidrogeno y del helio. Tambien se incluyen entre las OB a aquellas estrellas que ya se han apartado de la Secuencia Principal pero que todavia mantienen en sus espectros la apariencia general de las O y las B.

Las estrellas OB son un "grupo natural" (Morgan, 1951). Se designa asi a un conjunto de objetos cuyos espectros poseen algunas características comunes muy evidentes. El primer trabajo sobre detección de estrellas de tipos tempranos con el empleo de espectros de prisma objetivo de baja dispersion se debe a la iniciativa de B. Lindblad y C. Schalen en 1927, quienes basandose en la apariencia de las lineas de la serie de Balmer pudieron aislar estrellas B de distintas luminosidades.

Años mas tarde, Nassau y Morgan (1951b) emprenden una busqueda de estrellas O y B de alta luminosidad detectandolas en placas de prisma objetivo, con el criterio observacional de que los objetos presentaran las lineas del hidrogeno debiles o ausentes y todas las demas lineas debiles o ausentes. No se hacen distinciones sobre la luminosidad de los objetos, que cubren el intervalo de magnitudes visuales $6 \text{ mag} < V < 10 \text{ mag}$.

El mismo criterio se aplico en las distintas busquedas de

Tonantzintla para el Hemisferio Sur (Munch 1953a y b, 1954a y b, 1956a y b; Munch Morgan 1953; Iriarte y Chavira 1954a, 1955; Gonzalez y Gonzalez 1954, 1955) con magnitudes visuales en el rango 11.5-13.0 mag.

Casi simultaneamente, Slettebak y Stock (1957) logran importantes avances en la deteccion de estrellas OB mas debiles, y por lo tanto mas alejadas, a traves del empleo de una Camara Schmidt a la que se adosa un prisma objetivo con angulo refractante de 4 grados. Con una dispersion de 580 Å mm en H-gama, los espectros se extienden hasta aproximadamente los 3400 Å con la posibilidad de hallar nuevos criterios de clasificacion en la zona ultravioleta del espectro.

Con un ensanchamiento sobre la placa de 0.18 mm para facilitar la deteccion de rasgos espectrales debiles, Slettebak y Stock pueden dividir los espectros de prisma objetivo en tres subgrupos, basandose en la intensidad de la serie de Balmer. La presencia o ausencia de helio se usa como un criterio secundario.

Los subgrupos quedan definidos de la siguiente forma:

OB+: por definicion, no son visibles las lineas de Balmer ni se detectan rasgos de emision; usualmente incluye entre sus miembros a las OB mas luminosas, aunque tambien a algunas estrellas B de Secuencia Principal con lineas de emision que rellenen las de absorcion, ya que a baja dispersion estas estrellas pueden presentar espectros continuos o casi continuos;

OB₀: por definicion, las lineas de Balmer son muy debiles pero distinguibles. Este subgrupo contiene representantes de todo el "grupo

natural" de las OB, sin que predominen las altas luminosidades. Por lo tanto son menos luminosas que las OB+ pero todavia utiles como trazadores espirales.

OB-: las lineas de Balmer son mas intensas que en el subgrupo de las OBo pero mas debiles que en una estrella standard B1.5 V. No se distinguen las lineas de He I. Predominan las OB de menor luminosidad y no son tan utiles como trazadores espirales; sin embargo a traves de su estudio puede determinarse si una ausencia local de estrellas OB+ y OBo se debe a una fuerte extincion interestelar en esa direccion.

Aplicando este sistema de busqueda y clasificacion, Stephenson y Sanduleak (1971) han publicado el "Luminous Stars for the Southern Milky Way", muy efectivo en la identificacion de miles de estrellas OB brillantes, llegando hasta aproximadamente la magnitud $B = 12$. Para extender la busqueda a magnitudes mas debiles con este sistema se deberia aumentar el tiempo de exposicion. Sin embargo, los efectos del fondo de cielo y la superposicion hacen dificil la clasificacion de espectros de estrellas muy debiles.

Un nuevo impulso en la busqueda de estos indicadores espirales se da a partir de 1974, cuando Blanco (1974) disena un nuevo prisma objetivo (thin prism) de 1.5 grados de apex. Cuando se lo usa con la camara Schmidt de Cerro Tololo se obtienen espectros con una dispersion de 1360 Å/mm en H-gama. Estos espectros, registrados en una emulsion como la Kodak IIIa-J bajo las excelentes condiciones de "seeing" de Cerro Tololo, resultan mas cortos que los usados corrientemente para busquedas de estrellas OB y por lo tanto se alcanzan magnitudes mas debiles sin aumentar el tiempo de exposicion (lo que evita problemas con

el fondo del cielo). Las placas de emulsion Kodak IIIa-J son las mas adecuadas para su uso en combinacion con el prisma delgado por su grano fino, alto contraste y excelente poder resolvente; al hornear las placas en una atmosfera de nitrogeno resultan tan rapidas como las IIIa-0 sin hornear.

En los espectros de prisma delgado se pueden reconocer los subgrupos OB+, OB₀ y OB- cuando se emplean como patrones estrellas OB clasificadas en el sistema de Slettebak y Stock. Sin embargo debe tenerse en cuenta que este sistema de clasificacion espectral (que denominaremos sistema de prisma delgado), aunque esta correlacionado con el de Slettebak y Stock, es un sistema diferente (Muzzio y Orsatti, 1977a).

Con una exposicion de 30 minutos y espectros ensanchados en 0.2 mm se puede llegar 1 o 1.5 magnitudes mas debil que con las tecnicas ordinarias de prisma objetivo. A su vez, con una exposicion de 90 minutos se puede llegar hasta 3 magnitudes mas alla que en estudios anteriores, salvo en los casos en que la zona esta demasiado poblada de estrellas; o sea que puede llegarse hasta aproximadamente B = 15 mag. Para hacer minimos los problemas de superposicion se pueden tomar placas de una misma zona con el telescopio al Este y al Oeste del meridiano respectivamente lo cual se obtiene el mismo espectro rotado en 180 en una placa con respecto a la otra.

El metodo de busqueda y clasificacion de prisma delgado ha sido aplicado con exito en numerosos trabajos (Muzzio, Feinstein y Orsatti, 1976; Muzzio y Orsatti, 1977a, 1977b; Orsatti y Muzzio, 1980; Forte y Orsatti, 1981; etc.) permitiendo la deteccion de cientos de estrellas OB

debiles en zonas clave para estudios de estructura espiral de nuestra Galaxia. Muchos de esos objetos fueron la base de detallados estudios fotometricos y espectroscopicos (Basino et al. 1982; Muzzio 1979; Vega et al. 1986, etc.).

Cuando se quiere llegar a estrellas OB aun mas debiles, puede emplearse la tecnica de la red de transmision colocada cerca del plano focal del telescopio que da, por ejemplo, una dispersion de 1250 Å/mm en combinacion con placas IIIa-J (Hoag y Schroeder, 1970). Al emplear telescopios mas grandes que una camara Schmidt y con una mayor relacion focal, se reduce el tiempo de exposicion y se consigue una escala de placa mayor con lo que se reduce el problema del fondo de cielo y de las superposiciones al aplicarlo a regiones con un gran numero de estrellas. Como contrapartida se ve afectada la imagen por "seeing" debido a la mayor distancia focal, por lo cual el espectro resulta de inferior calidad. Las placas de red de transmision cubren un campo de, a lo sumo, 1 x 1 y se pueden hacer busquedas con exito hasta las magnitudes 16 o 17. Empleando este sistema, McCarthy y Miller (1974) han detectado un gran numero de estrellas OB en distintas zonas de la Via Lactea, incluyendo la zona de Puppis.

Si tenemos en cuenta que la zona del cielo sobre la que se debe realizar la busqueda de las estrellas OB en Puppis tiene un tamaño considerable, el metodo del prisma delgado resulta el mas apropiado al permitir cubrir unos 25 grados cuadrados con una sola placa de camara Schmidt, a pesar de que no pueden detectarse objetos tan debiles como con el sistema con la red de transmision.

3. Material observacional

La zona escogida para la búsqueda se dividió en dos regiones que se superponen ligeramente y con las que se cubre una superficie aproximada de 43 grados cuadrados. Están centradas algo por debajo del plano galáctico ya que se tuvo en cuenta que en esa región de la Vía Láctea el hidrógeno parece distribuirse con preferencia hacia latitudes negativas (Weaver y Williams, 1973).

Los centros de placa elegidos son los siguientes:

Zona	A.R.(1950)	D.(1950)	l	b
Puppis I	7 51.0	-29 30'	245.98	+1.15
Puppis II	8 00.0	-32 30'	249.55	-1.09

El material que se utilizó en la búsqueda se compone de placas IIIa-J tomadas en febrero de 1978 con la cámara Curtis-Schmidt de 60 cm de diámetro (f/3.5, escala de 96.6 arcsec mm) del Observatorio Interamericano de Cerro Tololo (La Serena, Chile) empleado en combinación con el prisma delgado de 1.5 grados de apex (Blanco, 1974). Las placas se hornearon en una mezcla de nitrógeno (98%) e hidrógeno (2%) (forming gas) a fin de aumentar su sensibilidad y así poder reducir los tiempos de exposición.

Los espectros fueron ensanchados en 0.2 mm para disminuir la

posibilidad de superposicion con espectros cercanos pero permitiendo detectar al mismo tiempo la presencia (o no) de las lineas del hidrogeno, que son las que definen la pertenencia al grupo de las OB.

Se eligieron tiempos de exposicion de 30 y 80 minutos, con los cuales se cubre el rango de magnitudes azules $12 \text{ mag} < B < 15 \text{ mag}$.

Por cada zona se tomaron al menos dos placas con cada tiempo de exposicion, una con el apex del prisma en direccion Norte y telescopio al Este, y la otra con el apex en direccion Sur y telescopio al Oeste. Con esto se busco solucionar el problema de las superposiciones, ya que al dirigir el telescopio respectivamente al Este y al Oeste del meridiano se obtiene el mismo espectro rotado 180 grados con respecto a como aparece en la otra placa.

El detalle del material se presenta en la Tabla II-1, donde se indica en columna 1: nombre de la zona, columna 2: numero de placa, columnas 3 y 4: coordenadas ecuatoriales aproximadas para 1950; columna 5: tipo de emulsion, sensibilizacion y prisma empleado, columna 6: tiempos de exposicion, columna 7: orientacion del telescopio y del apex del prisma.

La busqueda de las estrellas OB se realizo en las 11 placas de prisma delgado con una lupa binocular Olympus perteneciente a la Facultad de Ciencias Astronomicas y Geofisicas de la Universidad Nacional de La Plata. Los objetos candidatos se clasificaron en forma provisoria en alguno de los subgrupos OB+, OB₀ u OB-. Se repitio nuevamente el proceso de busqueda y clasificacion en forma totalmente independiente, buscando obtener asi una mejor cobertura de la zona.

Tabla II-1

Material fotografico empleado en la busqueda de las estrellas OB

Zona	Placa	Centro de Placa				Emulsion	Exp.	Apex-Tel
		A.R.	D.					
Puppis I	21228	7	51.0	-29	30	IIIa-J, N2, P.D.	30m	N-E
	21229	"	"	"	"	" " "	80m	N-E
	21239	"	"	"	"	" - "	60m	S-E
	21245	"	"	"	"	" " "	30m	N-E
	21277	"	"	"	"	" " "	30m	S-E
	21278	"	"	"	"	" " "	80m	S-E
Puppis II	21230	8	00.0	-32	30	IIIa-J, N2, P.D.	30m	N-E
	21240	"	"	"	"	" " "	30m	S-E
	21241	"	"	"	"	" " "	80m	S-E
	21246	"	"	"	"	" " "	30m	N-E
	21247	"	"	"	"	" " "	80m	N-E

Finalmente se determino una clasificacion final para cada uno de los 397 objetos detectados en la busqueda.

Ocasionalmente algunas estrellas han sido clasificadas como B1 debido a la apariencia del continuo, aunque como han hecho notar Muzzio y Orsatti (1977a) no puede darse una clasificacion mas detallada debido en parte a la baja dispersion de nuestros espectros y tambien por la falta de un numero razonable de standards adecuadas.

4. Determinacion de las coordenadas ecuatoriales

Se midieron las posiciones de las 397 estrellas del catalogo sobre placas azules empleando la maquina medidora Zeiss 30/30 del Observatorio Astronomico de La Plata. Para ello se escogieron estrellas standard del Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue (1966), a razon de 15 de ellas por centro de placa, y de forma que presentaran una adecuada distribucion sobre las regiones a medir.

Las reducciones se hicieron utilizando un programa de uso corriente en el Departamento de Astrometria Extrameridiana del Observatorio de La Plata.

Como este programa fue preparado con el objeto de reducir mediciones provenientes de placas astrograficas, se empleo una subrutina que transforma las coordenadas (X, Y) del objeto en la placa a coordenadas (X', Y') tales que

$$X' = X + X(X + Y)/3$$

$$Y' = Y + Y(X + Y)/3$$

(Andersen, 1971)

corrigiendo así el efecto de curvatura de las placas Schmidt. Estas nuevas coordenadas pueden tratarse ahora como las que resultan de placas astrográficas (Konig, 1962).

La precisión de las coordenadas es menor que 1" (Muzzio y Orsatti, 1977b).

5. Búsqueda de estrellas Be

Para investigar la posible existencia de emisión en la línea H-alfa entre las estrellas de nuestro catálogo, se decidió emprender una búsqueda de ese tipo de objetos en la zona estudiada.

Se tomaron para ello, durante febrero de 1978, placas de emulsión IIIa-F con la cámara Curtis-Schmidt de Cerro Tololo en combinación con el prisma de 4 grados. Este prisma da una dispersión de 1040 Å/mm en H-alfa y el empleo de un filtro Schott RG-2 limita la longitud del espectro a la zona de interés.

Las placas se hornearon en nitrógeno para aumentar su sensibilidad y así disminuir los tiempos de exposición; los espectros se ensancharon en 0.1 mm, lo que resulta suficiente para detectar la presencia de la línea.

Se eligieron tiempos de exposicion de 30 y 80 minutos para cada centro de placa tratando de obtener aqui tambien pares de placas con los espectros invertidos. La magnitud limite de deteccion en el rojo es de $R = 15$ mag.

El detalle del material fotografico obtenido se encuentra en la Tabla II-2.

En cuanto a la calidad de las placas, las correspondientes a la zona denominada Puppis I son de buena calidad y puede considerarse completa la busqueda en esa zona. No ocurre lo mismo en Puppis II debido a problemas de "seeing" durante las noches en que se tomaron las placas; por ello solo se pudieron detectar en esa zona las emisiones mas conspicuas. De todas formas puede suponerse que la identificacion de las estrellas Be entre las OB del catalogo esta razonablemente completa aqui tambien.

Cada placa fue revisada dos veces en forma independiente, detectandose 54 casos de emision H-alfa entre las 397 estrellas del catalogo.

Luego se procedio a comparar a este con listas de objetos con H-alfa en emision publicados con anterioridad. Se consultaron trabajos de Wackerling (1970), Henize (1976) y de Stephenson y Sanduleak (1973, 1977). Asimismo, se revisaron las listas publicadas por MacConnell (1981, 1982); solo en esta ultima publicacion se detectaron identificaciones en comun.

6. Resultado de la búsqueda de estrellas OB en Puppis

En la Tabla II-3 se presenta el resultado de la búsqueda. Se indica en ella: columna 1: número de la estrella en el catálogo, ordenadas estas según su ascensión recta; columna 2: tipo espectral del objeto, clasificado en los subtipos OB+, OBo u OB-; columnas 3 y 4, su ascensión recta y declinación para 1950; columnas 5 y 6 las correspondientes coordenadas galácticas l y b.

En la columna 7 se pueden encontrar otras designaciones para la misma estrella, así como aparecen en los siguientes trabajos:

(LS): Stephenson y Sanduleak (1971).

(Nr): Nordstrom (1975).

(MM): McCarthy y Miller (1974).

(Dd): Dodd y Ellery (1980).

En la columna 8 se presenta información concerniente al espectro de prisma delgado en sí (aspecto de las líneas, superposiciones, posible duplicidad, etc) de acuerdo con el siguiente detalle:

u: espectro sub-expuesto en las placas de mayor exposición.

o: espectro sobre-expuesto en las placas de menor exposición.

s: superposición del espectro con el de estrellas cercanas.

l: líneas especialmente finas.

I: posible supergigante.

d: posible doble

n: nota en el texto.

Ademas, se indica la presencia de emision H-alfa en los siguientes trabajos:

e: nuestras placas

h: Luminous Stars.

Wra: Wackerling (1970).

Hen: Henize (1976).

SS: Stephenson y Sanduleak (1977).

Mc: MacConnell (1982).

Las estrellas designadas en el Luminous Stars como LS 886 y Ls 887, no son estrellas OB de acuerdo con su apariencia en las placas de prisma delgado; igual situacion se presenta con las estrellas LS 756, LS 805 y LS 808, que son estrellas en el rango G-K segun nuestras placas.

LS 894 (OB: en el LS), es una estrella que hemos clasificado como OBo mientras que fue clasificada como F0p (FitzGerald y Moffat 1975); en forma similar, LS 979 esta clasificada como F8 II en el Luminous Stars, mientras que aparece como OBo debil en nuestras placas. Posiblemente en ambos casos se trate de estrellas binarias.

7. Comparacion entre el sistema de Slettebak y Stock y el sistema de prisma delgado

Teniendo en cuenta que existe en el catalogo un cierto numero de objetos que tienen clasificacion tanto en el sistema empleado por el LS como en el nuestro, es posible hacer una comparacion entre ellas con el

proposito de analizar el efecto de la menor dispersion de nuestro sistema en la clasificacion. Si dejamos de lado aquellos objetos que presentan emisiones o poseen clasificaciones dudosas en alguno de los dos catalogos, se cuenta con un total de 58 estrellas de doble clasificacion.

El detalle de la comparacion es el siguiente:

PD\LS	OB+	OBo	OB-
OB+	4	0	0
OBo	7	15	1
OB-	0	4	27

Una comparacion de nuestros tipos espectrales con los de Stephenson y Sanduleak (1971) para las estrellas en comun muestra que hay una correlacion bastante buena entre ambos sistemas de clasificacion, con alguna tendencia de nuestros tipos espectrales a ser algo mas tempranos que los de ellos (Muzzio y Orsatti, 1977a).

CAPITULO III

Fotometria fotoelectronica y fotografica de estrellas OB

1. Fotometria Fotoelectronica UBV

Las observaciones fotoelectricas en el sistema UBV de Johnson se realizaron en el Observatorio Interamericano de Cerro Tololo con el telescopio Lowell de 61 cm, durante los meses de febrero de 1979 y 1981. Se empleo un fotometro equipado con una fotomultiplicadora RCA 1P21, refrigerada con hielo seco, acoplado a un sistema de conteo de pulsos. Se utilizaron filtros usuales UBV.

Se escogieron 15 estrellas standard de las zonas E-3, E-4 y E-5 de Cousins (1973), bien distribuidas en indice de color, las que fueron observadas al principio, en la mitad y al final de la noche de observacion.

Cada estrella se midio de acuerdo con el siguiente esquema. Primero se obtuvieron los conteos correspondientes al filtro V, luego los del B y finalmente los del filtro U; se paso a medir el cielo con el orden invertido (cielos U, B y V), para repetir luego la medida de la estrella con los filtros V, B y U. Cada integracion abarca 10 segundos.

Las observaciones se redujeron con la computadora IBM 360 del CESPI (UNLP) y la HP1000 de la FCAyG, adquirida mediante un subsidio de la Comision de Investigaciones Cientificas y Tecnicas de la Pcia. de Buenos Aires (CIC), y empleando un programa de reduccion del Departamento de Fotometria de la FCAyG.

Se utilizaron en la reduccion dos conjuntos diferentes de coeficientes de extincion. Para las observaciones hechas durante 1979 se tomaron los coeficientes de extincion medios de Cerro Tololo, extraidos del CTIO Facilities Manual, mientras que para las observaciones de febrero de 1981 se emplearon los determinados por A. Landolt durante los primeros meses de ese mismo ano, los que fueron publicados en el CTIO Newsletter No. 6, pag. 4.

Los coeficientes son los siguientes:

1979	1981
$Q_y = + 0.140$	$Q_y = + 0.172$
$k_1 = + 0.090$	$k_1 = + 0.111$
$k_2 = - 0.025$	$k_2 = - 0.026$
$k_3 = + 0.270$	$k_3 = + 0.318$
$k_4 = + 0.000$	$k_4 = - 0.020$

Se empleo un tiempo muerto de $0.3E-07$.

El error cuadratico medio con respecto a las estrellas patron (error externo) es

$$V = + 0.010 \quad B-V = + 0.012 \quad U-B = + 0.012$$

El error cuadratico medio interno entre los valores V, B-V y U-B de las estrellas con dos o mas observaciones independientes es:

Tabla III-1

Fotometria fotoelectronica de estrellas de la Tabla II-3

*	V	B-V	U-B	n	(B-V) _o	(U-B) _o	M _v	E(B-V)	V _o	V _o -M _v	T.E.
4	12.77	0.51	-0.28	1	-0.24	-0.85	-2.64	0.75	10.52	13.2	b2 ^o b ⁶
6	13.46	0.82	-0.14	1	-0.27	-0.98	-3.38	1.09	10.18	13.6	b1 ^o
14	11.33	0.42	-0.23	1	-0.20	-0.70	-1.54	0.62	9.48	11.0	b3
16	12.93	0.30	-0.41	1	-0.23	-0.80	-2.40	0.53	11.34	13.7	b2 ^o
17	12.91	0.50	-0.18	1	-0.20	-0.71	-1.60	0.70	10.80	12.4	b3
18	12.04	0.20	-0.54	1	-0.24	-0.87	-2.74	0.44	10.71	13.5	b2 ^o
20	13.31	0.44	-0.28	1	-0.22	-0.78	-2.19	0.66	11.33	13.5	b2.5 ⁻
23	11.66	0.18	-0.50	1	-0.22	-0.80	-3.55	0.40	10.46	14.0	b2.5e
25	13.99	0.56	-0.10	1	-0.19	-0.67	-1.48	0.75	11.73	13.2	b3 ⁻
27	11.36	0.21	-0.42	1	-0.21	-0.73	-1.72	0.42	10.11	11.8	b2.5 ⁻
28	11.80	0.65	-0.25	2	-0.26	-0.95	-3.20	0.91	9.07	12.3	b1 ^o
32	11.94	0.63	-0.13	1	-0.22	-0.78	-2.12	0.86	9.37	11.5	b2.5
36	12.86	0.28	-0.47	1	-0.24	-0.86	-2.72	0.53	11.28	14.0	b2 ⁻
37	11.80	0.48	-0.38	1	-0.26	-0.97	-4.40	0.74	9.58	14.0	B1III ⁻
41	12.18	0.37	-0.44	3	-0.25	-0.91	-2.85	0.62	10.32	13.2	b0.5 ⁻
43	11.92	0.28	-0.55	2	-0.26	-0.95	-3.16	0.53	10.31	13.5	b1 ⁻
46	11.21	1.17	0.00	3	-0.33	-1.19	-5.70	1.50	6.71	12.4	o5 ⁺
47	11.26	0.56	-0.27	5	-0.23	-0.87	-3.97	0.79	8.89	12.9	b2e ^o
50	11.60	0.41	-0.41	2	-0.25	-0.90	-2.92	0.66	9.62	12.5	b0.5 ⁻
51	10.61	1.42	0.23	3	-0.30	-1.16	-6.80	1.72	5.45	12.3	o5 ⁺
52	13.04	0.57	-0.21	2	-0.23	-0.82	-2.49	0.80	10.63	13.1	b2 ^o
53	12.35	0.49	-0.32	3	-0.23	-0.87	-3.97	0.72	10.19	14.2	b2e ^o
53	12.56	0.48	-0.37	1	-0.26	-0.93	-3.06	0.73	10.37	13.4	b1 ^o
54	11.55	0.41	-0.42	3	-0.26	-0.93	-3.03	0.67	9.55	12.6	b1 ^o
55	13.50	1.16	0.04	3	-0.32	-1.14	-4.79	1.48	9.07	13.9	o8 ^o
56	12.64	0.74	-0.16	2	-0.26	-0.93	-3.09	0.99	9.69	12.8	b1 ⁻
57	11.79	0.18	-0.55	2	-0.24	-0.91	-4.00	0.42	10.53	14.5	B2 Ve ⁻
58	11.55	0.95	-0.13	3	-0.31	-1.11	-4.40	1.26	7.78	12.2	o9 ^o
62	13.37	1.04	-0.03	3	-0.30	-1.08	-4.05	1.34	9.35	13.4	b0 ⁺
3	12.92	1.42	0.24	1	-0.32	-1.17	-5.40	1.75	7.68	13.1	o6 ^o
4	11.79	0.44	-0.29	3	-0.22	-0.78	-2.23	0.66	9.82	12.1	b2.5
65	13.33	0.85	-0.17	2	-0.30	-1.06	-3.82	1.14	9.91	13.7	b0
66	12.15	0.45	-0.29	2	-0.22	-0.80	-3.55	0.67	9.81	13.4	b2.5
67	13.06	1.35	0.45	3	-0.10	-0.72	-5.80	1.45	8.71	14.5	B5Iab ⁺
70	11.53	0.92	-0.12	3	-0.25	-1.03	-4.12	1.17	8.02	12.1	b1e ⁺
72	13.49	0.49	-0.21	3	-0.21	-0.74	-1.84	0.70	11.39	13.2	b3 ⁻
73	13.11	0.87	-0.13	3	-0.28	-1.03	-3.49	1.14	9.69	13.3	b0.5 ^o
74	13.03	1.13	0.03	3	-0.31	-1.11	-4.33	1.40	8.83	13.2	o9 ^o
75	11.98	1.06	0.03	3	-0.28	-1.02	-3.58	1.34	7.96	11.5	b0.5 ^o
76	12.46	1.21	0.09	3	-0.31	-1.12	-4.49	1.52	7.90	12.4	o9
77	11.68	0.24	-0.59	2	-0.26	-0.95	-3.50	0.50	10.18	13.7	B1IV
78	12.93	1.24	0.15	3	-0.30	-1.08	-3.94	1.53	8.34	12.3	b0 ^o
79	12.47	0.94	-0.19	2	-0.31	-1.16	-5.32	1.25	8.71	14.0	o6 ⁺
80	11.91	0.56	-0.15	3	-0.21	-0.74	-1.82	0.77	9.60	11.4	b3 ⁻
81	12.75	0.84	-0.23	3	-0.31	-1.12	-4.52	1.15	9.30	13.8	o9 ^o
83	11.25	0.59	-0.25	2	-0.25	-0.89	-2.86	0.84	8.73	11.6	b1.5 ^o
86	11.48	1.09	-0.05	2	-0.33	-1.17	-5.30	1.40	7.27	12.6	o6 ^o
87	12.24	1.03	-0.05	3	-0.31	-1.10	-4.16	1.33	8.24	12.4	o9 ^o
88	13.70	0.55	-0.19	1	-0.22	-0.77	-2.11	0.77	11.39	13.5	b2.5
89	12.04	0.58	-0.04	1	-0.18	-0.61	-1.30	0.76	9.76	11.1	b4 ⁻
90	11.74	1.01	-0.12	3	-0.32	-1.17	-5.41	1.34	7.74	13.1	o6 ^o

91	12.95	0.87	-0.19	3	-0.31	-1.10	-4.23	1.17	9.43	13.7	o9 °
92	13.79	0.72	-0.15	1	-0.25	-0.90	-2.91	0.97	10.88	13.8	b1.5 °
96	11.70	1.08	-0.17	3	-0.24	-1.10	-4.22	1.32	7.74	12.0	boe +
97	11.70	0.24	-0.49	2	-0.23	-0.84	-3.94	0.47	10.29	14.2	b2e
98	13.21	1.02	-0.14	1	-0.33	-1.19	-5.70	1.35	9.16	14.9	o5
99	11.84	0.63	-0.43	2	-0.32	-1.16	-5.30	0.95	8.99	14.3	o6 °
101	11.28	1.12	0.01	3	-0.31	-1.12	-4.53	1.43	6.99	11.5	o9 °
103	13.50	1.13	0.26	1	-0.23	-0.81	-2.42	1.36	9.42	11.8	b2 °
104	13.95	0.53	-0.11	1	-0.19	-0.65	-1.43	0.72	11.80	13.2	b4 -
105	13.12	0.99	-0.13	3	-0.32	-1.16	-5.29	1.31	9.19	14.5	o6 °
107	11.94	1.01	-0.06	2	-0.31	-1.10	-4.22	1.31	8.00	12.2	o9.5 °
108	12.47	0.98	-0.14	3	-0.32	-1.16	-5.34	1.30	8.57	13.9	o6 °
111	13.77	1.02	0.08	1	-0.26	-0.92	-3.02	1.28	9.93	13.0	b1.5 °
113	12.54	0.33	-0.33	2	-0.20	-0.72	-1.68	0.53	10.96	12.6	b3 -
114	13.57	0.99	0.00	2	-0.27	-1.04	-3.40	1.26	9.84	13.6	bo.5 °
115	11.46	0.65	-0.17	2	-0.23	-0.84	-3.94	0.88	8.82	12.8	b2e
116	13.08	0.95	-0.13	3	-0.31	-1.12	-4.46	1.26	9.30	13.8	o9 -
117	12.50	0.49	-0.30	2	-0.24	-0.85	-2.65	0.73	10.31	13.0	b2
118	12.86	0.94	-0.11	3	-0.29	-1.07	-3.94	1.24	9.14	13.1	bo °
119	13.54	0.74	0.41	2	-0.24	-1.10	-4.22	0.98	10.60	14.8	B1e 6t
128	12.33	0.44	-0.24	2	-0.20	-0.72	-2.74	0.64	10.41	13.5	b3e -
130	13.55	0.77	0.05	1	-0.20	-0.69	-1.54	0.97	10.65	12.2	b3 °:
134	12.27	0.54	-0.50	2	-0.32	-1.16	-5.30	0.86	9.69	15.0	o6 °:
136	13.26	0.74	-0.16	1	-0.26	-0.93	-3.05	1.00	10.26	13.3	b1 -
137	13.47	0.66	-0.12	1	-0.23	-0.79	-2.31	0.89	10.81	13.1	b2.5 -
140	12.75	0.50	-0.42	1	-0.28	-1.01	-3.52	0.78	10.42	13.9	bo.5
147	12.02	0.71	0.27	3	-0.07	-0.32	-3.00	0.78	9.68	12.7	B9 11
150	12.90	0.72	-0.32	2	-0.24	-1.10	-4.22	0.96	10.02	14.2	boe °
153	11.33	0.49	-0.46	2	-0.29	-1.05	-3.74	0.77	9.01	12.8	bo +
156	13.47	0.72	-0.17	1	-0.25	-0.91	-2.98	0.97	10.55	13.5	b1.5 +
158	11.96	0.88	0.08	2	-0.10	-0.72	-5.80	0.98	9.02	14.8	b2.5
162	13.10	1.35	0.13	2	-0.24	-1.10	-4.10	1.59	8.33	12.4	boe +
167	11.65	0.42	-0.32	3	-0.23	-0.80	-2.42	0.65	9.71	12.1	b2.5 -
169	11.51	0.43	-0.29	1	-0.22	-0.78	-2.23	0.65	9.56	11.8	b2.5 -
172	11.90	0.58	-0.32	2	-0.27	-0.98	-3.38	0.85	9.34	12.7	b1 °
179	11.44	0.47	-0.35	2	-0.25	-0.89	-2.83	0.71	9.30	12.1	b1.5 °
183	14.04	0.79	-0.30	1	-0.32	-1.16	-5.34	1.11	10.71	16.0	o6 -
185	11.51	0.78	-0.34	2	-0.24	-1.10	-4.22	1.02	8.45	12.7	boe °
188	11.49	0.40	-0.24	1	-0.20	-0.69	-1.52	0.60	9.69	11.2	b3 -:
247	12.48	0.68	-0.20	2	-0.25	-0.92	-2.98	0.93	9.68	12.7	b1 °
277	13.73	0.40	-0.29	1	-0.21	-0.75	-1.93	0.61	11.90	13.8	b2.5
280	13.08	0.26	-0.48	1	-0.24	-0.85	-2.65	0.50	11.58	14.2	b2 -
284	11.85	0.17	-0.53	1	-0.24	-0.83	-2.55	0.41	10.60	13.2	b2
292	11.97	0.13	-0.51	2	-0.22	-0.77	-2.11	0.35	10.90	13.0	b2.5 -
293	13.29	0.23	-0.58	2	-0.26	-0.95	-3.20	0.49	11.80	15.0	b1 °
294	12.39	0.41	-0.48	2	-0.27	-0.99	-3.42	0.68	10.35	13.8	bo.5 +
295	12.68	0.20	-0.36	1	-0.19	-0.65	-1.42	0.39	11.51	12.9	b3 +
303	12.90	0.20	-0.39	1	-0.19	-0.68	-1.49	0.39	11.73	13.2	b3
304	12.11	0.14	-0.37	1	-0.18	-0.60	-1.27	0.32	11.15	12.4	b4 -
308	13.16	0.61	-0.29	1	-0.26	-0.96	-3.26	0.87	10.55	13.8	b1
311	12.57	0.16	-0.48	1	-0.21	-0.76	-1.92	0.37	11.46	13.4	b2.5 -
316	12.09	0.31	-0.40	2	-0.23	-0.81	-2.45	0.54	10.47	12.9	b2.5 °
318	12.90	0.54	-0.08	2	-0.18	-0.60	-2.35	0.72	10.74	13.1	b5e -
319	12.16	0.68	-0.04	2	-0.20	-0.71	-1.60	0.88	9.52	11.1	b3
320	12.82	0.19	-0.48	1	-0.24	-0.80	-2.36	0.43	11.53	13.9	b2.5
324	12.55	0.44	-0.20	2	-0.19	-0.68	-1.50	0.63	10.66	12.2	b3 -:
326	11.62	0.65	-0.29	2	-0.24	-0.97	-4.08	0.89	8.95	13.0	b1.5e
327	13.26	0.38	-0.42	1	-0.25	-0.89	-2.86	0.63	11.37	14.2	b1.5 -
328	12.99	0.62	-0.35	1	-0.29	-1.04	-3.71	0.91	10.26	14.0	bo.5

329	11.71	0.32	-0.31	2	-0.20	-0.70	-1.56	0.52	10.15	11.7	b3	-
330	11.88	0.67	-0.27	2	-0.27	-0.99	-3.42	0.95	9.03	12.5	b0.5	o
334	11.71	0.34	-0.28	2	-0.19	-0.68	-1.49	0.53	10.12	11.6	b3	-
347	13.37	0.88	-0.28	2	-0.24	-1.10	-4.22	1.12	10.01	14.2	b0e5	o
349	12.83	0.63	-0.34	2	-0.29	-1.04	-3.72	0.91	10.10	13.8	b0.5	+
351	12.45	0.97	-0.20	2	-0.24	-1.10	-4.22	1.21	8.82	13.0	b0e	+
354	12.55	0.40	-0.26	3	-0.20	-0.71	-1.60	0.60	10.75	12.4	b3	-
357	13.28	0.55	-0.27	2	-0.25	-0.88	-2.81	0.80	10.88	13.7	b1.5	o
358	12.83	0.68	-0.43	2	-0.24	-1.10	-4.22	0.92	10.07	14.3	b0e	o
359	13.87	0.52	-0.18	2	-0.21	-0.73	-1.77	0.73	11.68	13.5	b2.5	o
360	13.35	0.45	-0.14	2	-0.17	-0.61	-1.30	0.62	11.48	12.8	b4	-
361	13.36	0.75	0.00	1	-0.21	-0.74	-1.85	0.96	10.48	12.3	b2.5	- (972)
362	12.49	0.36	-0.19	1	-0.17	-0.58	-1.28	0.53	10.90	12.1	b5	-
365	11.99	0.34	-0.30	1	-0.20	-0.70	-1.56	0.54	10.37	11.9	b3	-
366	11.53	0.29	-0.53	2	-0.26	-0.94	-3.14	0.55	9.88	13.0	b1	-
367	11.20	0.26	-0.34	2	-0.19	-0.67	-1.47	0.45	9.85	11.3	b3	-
368	13.42	0.70	-0.31	1	-0.30	-1.09	-4.12	1.00	10.42	14.5	b0	o
370	12.48	0.18	-0.41	2	-0.20	-0.70	-1.56	0.38	11.34	12.9	b3	-
371	12.90	0.31	-0.03	2	-0.07	-0.32	-3.00	0.38	11.84	14.8	B9	II
74	11.99	0.22	-0.31	1	-0.17	-0.60	-1.27	0.39	12.38	13.7	b4	-
76	13.20	0.43	-0.48	2	-0.28	-1.01	-3.53	0.71	11.07	14.6	b1	-
379	13.08	0.58	-0.15	1	-0.21	-0.75	-3.25	0.79	10.71	14.0	b2.5e	o
380	14.47	0.38	-0.44	1	-0.26	-0.93	-3.08	0.64	12.55	15.6	b1	-
381	13.45	0.55	-0.30	1	-0.25	-0.91	-2.97	0.80	11.05	14.0	b1.5	-
383	12.91	0.26	-0.54	2	-0.26	-0.93	-3.08	0.52	11.35	14.4	b1	-
384	13.62	0.40	-0.33	1	-0.23	-0.81	-2.42	0.64	11.69	14.1	b2	-
385	12.77	0.19	-0.34	1	-0.18	-0.62	-1.32	0.36	11.68	13.0	b4	-
386	13.43	0.11	-0.51	1	-0.21	-0.75	-1.93	0.32	12.47	14.4	b2.5	-
387	12.89	0.56	-0.28	2	-0.25	-0.90	-2.91	0.81	10.46	13.4	b2.5	-
388	12.41	0.33	-0.35	2	-0.21	-0.76	-2.02	0.54	10.79	12.8	b2.5	o
389	13.46	0.51	-0.09	1	-0.18	-0.60	-1.27	0.69	11.39	12.7	b5	o A
390	10.75	0.45	-0.56	2	-0.32	-1.14	-4.90	0.77	8.44	13.3	o8	o
391	12.71	0.41	-0.22	1	-0.19	-0.67	-1.47	0.61	10.88	12.4	b3	-
393	11.99	0.25	-0.35	2	-0.21	-0.62	-2.83	0.44	10.67	13.5	b3e	-
395	12.12	0.23	-0.51	2	-0.24	-0.86	-2.75	0.47	10.71	13.5	b2	-
396	12.35	0.71	-0.05	1	-0.22	-0.76	-2.02	0.93	9.56	11.6	b2.5	-
397	11.01	0.23	-0.58	1	-0.26	-0.95	-3.20	0.49	9.54	12.7	b1	-

$$V = + 0.010$$

$$B-V = + 0.013$$

$$U-B = + 0.021$$

Se obtuvo fotometria fotoelectronica UB_V de 175 estrellas OB, la mayoria con 2 y hasta 3 observaciones en noches diferentes. Gran parte de ellas son objetos del catalogo (Tabla II-3) mientras que el resto corresponde a estrellas del Luminous Stars pertenecientes a la region estudiada pero que por su gran brillo no fueron detectadas como OB durante la busqueda en las placas de prisma delgado. En ambos casos, para seleccionar los objetos a medir se tuvo en cuenta su distribucion aparente sobre las placas, de manera de incluir aquellos que parecieran formar grupos de estrellas jovenes.

En la Tabla III-1 se da la fotometria fotoelectronica de 151 estrellas OB pertenecientes al catalogo, segun el siguiente detalle: columna 1: numero identificador de la estrella, columnas 2, 3 y 4: magnitud V y colores B-V y U-B respectivamente, columna 5: numero de observaciones independientes.

La observacion de 24 estrellas del Luminous Stars se presenta en el Capitulo siguiente (Tabla IV-5)

2. Fotometria Fotografica UB_V

Aquellas estrellas del catalogo que no fueron observadas fotoelectricamente entraron en el programa de medicion de sus magnitudes fotograficas. Estas se obtuvieron con el empleo del Fotometro a Iris Cuffey, que permite medir el brillo de una estrella directamente a partir de una placa fotografica. Dicho fotometro pertenece a la

Comision de Investigaciones Cientificas y Tecnicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC) y se encuentra en el Observatorio Astronomico de La Plata.

Una descripcion de este instrumento puede encontrarse en el trabajo de Argue (1960). El elemento de medicion en el fotometro es la abertura del iris, previa calibracion con estrellas de magnitud conocida.

2a. Errores de las magnitudes fotograficas

Cuando se trata de realizar una calibracion simple entre el diametro del iris y la magnitud, nos encontramos con que no puede obtenerse un buen ajuste entre ambos parametros. Las causas posibles pueden encontrarse en

la existencia de una ecuacion de color

inhomogeneidades de las placas

efectos geometricos

inexactitudes de las magnitudes fotoelectricas.

Con relacion a la primera causa, la calibracion de las placas se hace usando magnitudes fotoelectricas y no instrumentales, dando lugar a una ecuacion de color en la calibracion con coeficientes constantes para la misma combinacion de placa y filtro.

Para determinar la curva de calibracion se emplean las lecturas del iris y las correspondientes magnitudes (U,B,V en nuestro caso) de estrellas pertenecientes a una secuencia patron. Queda representada por una expresion polinomial, y en este sentido con un polinomio de 3

orden se obtiene el error cuadrático medio más pequeño para una sola observación. Una vez determinada la ecuación de color, se pueden pasar las magnitudes standard a instrumentales y luego calibrar los diámetros (o sea las lecturas del iris) versus estas magnitudes instrumentales.

La presencia de inhomogeneidades en la placa fotografica se debe a variaciones en la sensibilidad de la emulsion y puede tener su origen en el tratamiento químico de la misma tanto antes como después de la exposicion. Debido a su caracter, la forma adecuada de reducir sus efectos sobre las magnitudes es la de medir varias placas del mismo color.

Los efectos geometricos representan la variacion de la respuesta instrumental como funcion de la posicion en el campo. Se debe a ellos el que dos secuencias en lugares diferentes sobre la misma placa no puedan ajustarse en una sola curva para ambas regiones. Tanto el vignetting como variaciones en el fondo de cielo reducen la efectividad de una secuencia de calibracion a algo menos de 2 grados del centro de ella.

Por ultimo, los errores en las magnitudes de las estrellas patrones lleva a una calculo inexacto de la ecuacion de color y de las magnitudes individuales.

2b. Material fotografico

La fotometria fotografica se realizo sobre placas obtenidas con el telescopio Curtis Memorial Schmidt (CTIO) durante febrero de 1978 y 1979.

Tabla III-2

Material empleado en la fotometria fotografica de las estrellas OB

Zona	Placa	Centro de Placa		Emulsion	Filtro	Exp.		
		A.R.	D.					
Puppis I	21250	7	51.0	-29	30	IIa-D	GG-14	10m
	21267	"	"	"	"	IIa-D	GG-14	10m
	21251	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	21269	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	21252	"	"	"	"	IIa-0	UG-2	30m
	22370	"	"	"	"	IIa-0	UG-2	30m
	22375	"	"	"	"	IIa-0	UG-2	30m
Puppis II	21253	8	00.0	-32	30	IIa-D	GG-14	10m
	21268	"	"	"	"	IIa-D	GG-14	10m
	22364	"	"	"	"	IIa-D	GG-14	10m
	22365	"	"	"	"	IIa-D	GG-14	10m
	21254	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	21267	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	21270	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	22366	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	22367	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	22377	"	"	"	"	IIa-0	GG-13	10m
	21271	"	"	"	"	IIa-0	UG-2	30m
	22371	"	"	"	"	IIa-0	UG-2	17m
	22376	"	"	"	"	IIa-0	UG-2	30m

Se emplearon dos centros de placa, coincidentes en forma aproximada con los elegidos para la búsqueda con el prisma delgado; emulsion Ila-0 y filtro GG-14 para las placas visuales, emulsion Ila-0 con filtro GG-13 para las placas B y con filtro UG-2 para el caso de las ultravioletas. Las placas se revelaron en D-19 con sistema de cubeta fija.

Los tiempos de exposicion elegidos fueron de 10 minutos para las placas visuales y azules, con lo que se llega a magnitud B = 16 y de 30 minutos para las ultravioletas, llegandose asi hasta U =14.5.

En la Tabla III-2 se indica el material fotografico obtenido, de acuerdo con el siguiente detalle: columna 1: denominacion de la zona, columna 2: numero de placa; columnas 3 y 4: coordenadas aproximadas de los centros de placa; en la columna 5 figura la emulsion empleada, en la columna 6 tipo de filtro y en la columna 7 los tiempos de exposicion.

2c. Eleccion de las secuencias standard

Las secuencias standard seleccionadas para la fotometria fotografica son las siguientes:

Zona	l	b	Np	Rango visual (mags.)	Ref.
HD 65813 (Ru44)	245.69	0.68	36	7.70-17.12	1,3
NGC 2483F	245.05	-0.05	38	4.78-15.73	2
HD 66381 (Ru47)	248.28	-0.29	21	7.89-17.12	1,3
Ru 55	250.70	0.80	13	8.56-17.26	1

Nota: "No." se refiere al numero de estrellas que componen la secuencia.

Referencias

- 1.- Hilditch y Dodd (1977). M.N.R.A.S. 178, 467.
- 2.- FitzGerald y Moffat (1975). A. A. Suppl. 20, 289.
- 3.- Miller y McCarthy (1974). A.J. 79, 1294.

Para elegir las secuencias standard se tuvo en cuenta, entre otros factores tales como el rango en magnitudes, que con ellas se cubriera la mayor superficie posible de las placas. Un problema importante en nuestra region consiste en que a medida que nos alejamos del plano galactico el numero de secuencias utiles va disminuyendo, ya que por lo comun suelen ubicarse en las cercanias de los cumulos abiertos.

Como gran parte de las estrellas de esta busqueda se concentran lejos del plano, se trato de observar fotoelectricamente a aquellos grupos de interes que se situaran en las regiones mas apartadas de las secuencias standard.

En la Figura III-1 se muestra la distribucion de las secuencias elegidas (*), las estrellas OB observadas fotoelectricamente (o) y las que se midieron en forma fotografica (.). Como se ve, son pocas las estrellas que se ubican en las zonas de mayor error potencial sobre la placa, o sea aquellas apartadas de las secuencias. La fotometria fotoelectronica se concentra especialmente al Sur de -30 , ya que la seccion ubicada al Norte es la mas estudiada de las dos.

Al comienzo y al fin de cada sesion se midio la secuencia standard;

Tabla III-3

Fotometria fotografica de estrellas OB

*	V	B-V	U-B	(B-V) ₀	(U-B) ₀	E(B-V)	M _v	V ₀	V ₀ -M _v
3	11.37	0.31	-0.48	-0.24	-0.89	0.55	-3.39	9.72	13.7
5	13.36	0.56	-0.23	-0.27	-1.07	0.83	-4.19	10.87	15.0
11	13.27	0.47	-0.44	-0.27	-1.00	0.74	-3.50	11.05	14.6
12	12.28	0.32	-0.40	-0.23	-0.81	0.55	-2.45	10.63	13.1
13	11.87	0.25	-0.35	-0.21	-0.73	0.46	-1.76	10.50	12.3
15	12.94	0.64	-0.31	-0.28	-1.01	0.92	-3.54	10.18	13.7
18	12.20	0.05	-0.41	-0.17	-0.57	0.22	1.12	11.54	12.7
19	12.11	0.39	-0.32	-0.22	-0.77	0.61	-2.11	10.28	12.4
21	12.00	0.61	-0.43	-0.21	-1.10	0.82	-4.22	9.54	13.8
22	12.55	0.26	-0.45	-0.22	-0.81	0.48	-3.90	11.11	15.0
26	11.85	0.19	-0.57	-0.25	-0.90	0.44	-2.92	10.53	13.5
30	11.62	0.12	-0.41	-0.18	-0.63	0.30	-1.37	10.72	12.1
31	12.94	0.30	-0.26	-0.18	-0.62	0.48	-2.47	11.50	14.0
35	12.94	0.60	-0.21	-0.24	-0.85	0.84	-2.64	10.42	13.1
38	13.83	0.76	-0.15	-0.26	-0.93	1.02	-3.10	10.78	13.9
42	12.54	0.53	-0.47	-0.31	-1.11	0.84	-4.34	10.02	14.4
44	12.55	0.57	-0.14	-0.21	-0.73	0.78	-3.13	10.21	13.3
45	13.42	0.51	-0.42	-0.25	-0.99	0.76	-4.00	11.14	15.1
48	12.95	0.45	-0.26	-0.22	-0.76	0.67	-3.31	10.94	14.2
61	12.92	0.29	-0.42	-0.23	-0.81	0.52	-2.45	11.36	13.8
69	13.13	0.52	-0.31	-0.25	-0.89	0.77	-2.87	10.82	13.7
82	11.67	0.48	-0.11	-0.18	-0.61	0.66	-2.41	9.69	12.1
84	12.77	0.55	-0.38	-0.28	-1.01	0.83	-3.54	10.28	13.8
85	13.12	0.45	-0.71	-0.33	-1.19	0.69	-4.10	11.05	15.3
93	13.13	0.47	-0.36	-0.25	-0.91	0.72	-2.95	10.97	13.9
95	12.92	0.24	-0.39	-0.20	-0.72	0.44	-1.68	11.60	13.3
102	13.14	0.34	-0.50	-0.26	-0.95	0.60	-3.22	11.34	14.6
106	12.47	0.35	-0.27	-0.19	-0.68	0.54	-1.48	10.85	12.3
109	13.77	0.24	-0.52	-0.25	-0.88	0.49	-2.82	12.30	15.1
110	14.01	0.39	-0.37	-0.24	-0.84	0.63	-2.60	12.12	14.7
120	13.73	0.47	-0.19	-0.20	-0.69	0.67	-1.52	11.72	13.2
121	13.16	0.39	-0.45	-0.26	-0.94	0.65	-3.12	11.21	14.3
122	11.47	0.56	-0.08	-0.19	-0.64	0.75	-1.40	9.23	10.6
125	11.90	0.41	-0.62	-0.33	-1.18	0.74	-5.50	9.68	15.2
126	12.30	0.46	-0.63	-0.33	-1.19	0.79	-5.70	9.93	15.6
127	14.07	0.49	-0.38	-0.26	-0.95	0.75	-3.22	11.82	15.0
129	13.37	0.56	-0.47	-0.32	-1.14	0.88	-4.94	10.73	15.7
132	13.48	0.64	-0.33	-0.29	-1.04	0.93	-3.71	10.69	14.4
135	13.52	0.30	-0.53	-0.26	-0.95	0.56	-3.22	11.84	15.0
138	13.56	0.75	-0.24	-0.28	-1.04	1.03	-3.71	10.47	14.2
141	11.53	0.20	-0.31	-0.17	-0.59	0.37	-1.20	10.42	11.6
142	12.05	0.26	-0.77	-0.33	-1.19	0.59	-5.70	10.28	16.0
143	12.03	0.19	-0.67	-0.28	-1.02	0.47	-3.58	10.62	14.2
144	13.81	0.38	-0.29	-0.21	-0.73	0.59	-1.77	12.04	13.8
145	14.14	0.29	-0.39	-0.22	-0.77	0.51	-3.37	12.61	15.8
146	12.35	0.37	-0.54	-0.28	-1.03	0.65	-3.65	10.40	14.0
149	13.27	0.51	-0.26	-0.24	-0.83	0.75	-2.52	11.02	13.5
151	11.38	0.08	-0.42	-0.18	-0.61	0.26	-1.30	10.61	11.9
157	12.33	0.19	-0.75	-0.31	-1.12	0.50	-4.47	10.83	15.3
159	13.17	0.75	-0.17	-0.26	-0.95	1.01	-3.22	10.14	13.4

259	13.23	0.27	-0.26	-0.17	-0.59	0.44	-1.25	11.90	13.2
260	11.56	0.21	-0.36	-0.19	-0.65	0.40	-1.43	10.36	11.8
261	12.70	0.33	-0.61	-0.30	-1.08	0.63	-3.98	10.81	14.8
262	12.15	0.31	-0.37	-0.22	-0.76	0.53	-2.04	10.57	12.6
263	12.12	0.42	-0.16	-0.18	-0.61	0.60	-1.29	10.32	11.6
265	13.33	0.53	-0.50	-0.32	-1.15	0.85	-5.15	10.78	15.9
267	13.33	0.12	-0.47	-0.20	-0.71	0.32	-1.58	12.37	14.0
268	12.46	0.43	-0.41	-0.26	-0.93	0.69	-3.07	10.39	13.5
269	12.79	0.65	-0.50	-0.33	-1.19	0.98	-5.70	9.85	15.5
270	11.63	0.61	0.07	-0.15	-0.51	0.76	-0.85	9.35	10.2
271	12.45	0.32	-0.35	-0.21	-0.75	0.53	-3.19	10.86	14.1
272	11.82	0.47	-0.55	-0.32	-1.15	0.79	-5.20	9.45	14.7
273	12.15	0.37	-0.35	-0.23	-0.80	0.61	-2.31	10.35	12.7
275	11.54	0.20	-0.14	-0.23	-0.91	0.43	-4.01	10.25	14.3
278	12.31	0.47	-0.32	-0.24	-0.86	0.71	-2.70	10.18	12.9
279	12.27	0.48	-0.26	-0.23	-0.79	0.71	-2.30	10.14	12.4
281	12.43	0.34	-0.29	-0.20	-0.69	0.54	-1.52	10.81	12.3
290	12.32	0.16	-0.65	-0.26	-0.96	0.42	-3.29	11.05	14.3
291	13.22	0.35	-0.37	-0.23	-0.80	0.58	-2.40	11.48	13.9
297	12.15	0.61	-0.27	-0.26	-0.93	0.87	-3.08	9.55	12.6
299	11.62	0.29	-0.56	-0.27	-0.98	0.56	-3.36	9.94	13.3
301	12.77	0.73	-0.27	-0.24	-1.11	0.97	-4.10	9.86	14.0
302	12.54	0.61	-0.32	-0.27	-0.99	0.88	-3.44	9.90	13.3
305	12.75	1.09	-0.03	-0.24	-1.10	1.33	-4.10	8.76	12.9
306	12.90	0.17	-0.60	-0.25	-0.91	0.42	-2.99	11.64	14.6
307	12.59	0.82	-0.25	-0.31	-1.13	1.13	-4.63	9.19	13.8
309	13.53	0.78	-0.03	-0.23	-0.81	1.01	-2.41	10.50	12.9
310	12.56	0.87	0.16	-0.19	-0.65	1.06	-1.44	9.39	10.8
312	13.01	0.18	-0.26	-0.23	-0.82	0.41	-2.47	11.77	14.2
314	12.72	0.58	-0.47	-0.24	-1.10	0.82	-4.22	10.26	14.5
317	12.01	0.38	-0.33	-0.22	-0.78	0.60	-2.18	10.21	12.4
321	12.40	0.03	-0.50	-0.19	-0.66	0.22	-1.44	11.75	13.2
322	12.30	-0.02	-0.56	-0.20	-0.69	0.18	-1.52	11.77	13.3
323	11.50	0.32	-0.38	-0.22	-0.79	0.54	-2.27	9.87	12.1
331	11.55	0.13	-0.49	-0.21	-0.75	0.34	-1.93	10.53	12.5
332	11.23	0.54	-0.31	-0.25	-0.91	0.79	-2.97	8.85	11.8
333	12.47	0.29	-0.40	-0.22	-0.78	0.51	-2.16	10.96	13.1
335	12.57	0.43	-0.44	-0.27	-0.97	0.70	-3.31	10.48	13.8
336	12.17	0.56	-0.26	-0.25	-0.87	0.81	-2.75	9.76	12.5
337	14.12	0.46	-0.28	-0.23	-0.80	0.69	-2.37	12.05	14.4
338	11.53	0.29	-0.39	-0.22	-0.77	0.51	-2.50	10.10	12.1
341	13.36	0.18	-0.46	-0.21	-0.75	0.39	-1.94	12.18	14.1
342	11.33	0.38	-0.24	-0.19	-0.67	0.57	-1.46	9.62	11.1
344	13.51	0.78	-0.03	-0.23	-0.81	1.01	-2.46	10.48	12.9
345	12.58	0.11	-0.34	-0.16	-0.54	0.26	-0.97	11.77	12.7
346	11.50	0.07	-0.58	-0.23	-0.80	0.30	-2.35	10.61	13.0
348	13.03	0.43	-0.14	-0.17	-0.59	0.60	-1.22	11.22	12.4
350	12.97	0.29	-0.44	-0.24	-0.83	0.53	-2.55	11.39	13.9
352	12.32	0.09	-0.52	-0.21	-0.74	0.30	-1.86	11.42	13.3
356	12.68	0.19	-0.42	-0.20	-0.71	0.39	-1.59	11.51	13.1
363	12.31	0.12	-0.40	-0.18	-0.62	0.30	-1.34	11.41	12.8
364	12.89	0.65	-0.28	-0.27	-0.99	0.92	-3.40	10.13	13.5
369	13.01	0.39	-0.40	-0.25	-0.88	0.64	-2.80	11.10	13.9
382	11.69	0.15	-0.41	-0.19	-0.66	0.34	-1.44	10.68	12.1
392	12.49	0.37	-0.29	-0.20	-0.72	0.57	-1.68	10.78	12.5
394	11.87	0.40	-0.30	-0.22	-0.76	0.62	-2.01	10.01	12.0

161	13.01	0.32	-0.52	-0.26	-0.96	0.58	-3.24	11.27	14.5
163	13.65	0.81	-0.42	-0.23	-0.91	1.04	-4.01	10.53	14.5
164	12.13	0.27	-0.77	-0.33	-1.19	0.60	-5.70	10.33	16.0
165	13.23	0.35	-0.42	-0.24	-0.87	0.59	-2.73	11.45	14.2
166	13.06	0.38	-0.42	-0.25	-0.89	0.63	-2.88	11.17	14.0
170	12.35	0.21	-0.53	-0.24	-0.87	0.45	-2.74	10.99	13.7
171	12.07	0.11	-0.60	-0.24	-0.86	0.35	-2.70	11.02	13.7
176	13.02	0.43	-0.61	-0.33	-1.18	0.76	-5.56	10.74	16.3
180	12.42	0.55	-0.43	-0.23	-0.91	0.78	-4.01	10.08	14.1
181	13.72	0.00	-0.74	-0.26	-0.93	0.26	-3.07	12.94	16.0
184	13.15	0.15	-0.56	-0.23	-0.84	0.38	-3.94	12.61	16.0
187	13.14	0.75	-0.25	-0.29	-1.05	1.04	-3.71	10.02	13.7
190	11.04	0.26	-0.44	-0.23	-0.81	0.49	-2.45	9.57	12.0
191	11.60	0.23	-0.30	-0.17	-0.60	0.40	-1.26	10.40	11.7
192	11.46	0.09	-0.51	-0.21	-0.73	0.30	-1.74	10.57	12.3
196	13.27	0.28	-0.37	-0.23	-0.91	0.51	-4.01	11.74	15.7
197	13.37	0.66	-0.32	-0.29	-1.05	0.95	-3.78	10.52	14.3
198	13.21	0.18	-0.64	-0.27	-0.97	0.45	-3.32	11.86	15.2
199	12.61	0.73	-0.03	-0.21	-0.75	0.94	-1.93	9.79	11.7
200	12.62	0.36	-0.59	-0.30	-1.09	0.66	-4.13	10.64	14.8
201	11.89	0.45	-0.18	-0.19	-0.66	0.64	-1.44	9.97	11.4
202	13.05	0.31	-0.39	-0.23	-0.91	0.54	-4.01	11.43	15.4
203	11.63	0.61	0.07	-0.01	-0.38	0.62	-6.30	9.77	16.1
204	12.16	0.06	-0.58	-0.23	-0.79	0.29	-2.27	11.29	13.6
206	12.10	0.70	-0.33	-0.31	-1.11	1.01	-4.50	9.07	13.6
208	12.55	0.20	-0.58	-0.25	-0.92	0.45	-3.01	11.19	14.2
211	11.92	0.18	-0.59	-0.25	-0.91	0.43	-2.95	10.63	13.6
212	11.59	0.13	-0.60	-0.25	-0.88	0.38	-2.82	10.45	13.3
214	12.13	0.13	-0.40	-0.18	-0.63	0.31	-1.36	11.20	12.6
217	13.73	0.59	-0.26	-0.24	-0.89	0.83	-3.90	11.24	15.1
218	13.21	0.78	0.04	-0.20	-0.72	0.98	-1.68	10.27	12.0
219	13.29	0.31	-0.50	-0.26	-0.92	0.57	-3.04	11.59	14.6
221	12.25	0.12	-0.42	-0.19	-0.65	0.31	-1.40	11.32	12.7
222	13.39	0.93	-0.06	-0.28	-1.00	1.21	-3.47	9.76	13.2
223	11.98	0.55	-0.35	-0.24	-0.95	0.79	-4.00	9.61	13.6
224	12.99	0.33	-0.52	-0.27	-0.97	0.60	-3.32	11.19	14.5
225	12.45	0.58	-0.35	-0.27	-1.00	0.85	-3.48	9.89	13.4
227	12.69	0.40	-0.26	-0.20	-0.71	0.60	-1.61	10.89	12.5
228	13.11	0.43	-0.57	-0.32	-1.13	0.75	-4.72	10.87	15.6
230	12.47	0.86	-0.12	-0.27	-1.00	1.13	-3.48	9.08	12.6
231	12.52	0.37	-0.33	-0.22	-0.77	0.59	-2.11	10.75	12.9
233	12.60	0.44	-0.52	-0.30	-1.08	0.74	-3.98	10.38	14.4
235	11.69	0.24	-0.39	-0.20	-0.72	0.44	-1.68	10.37	12.1
236	11.76	0.34	-0.57	-0.29	-1.04	0.63	-3.71	9.87	13.6
239	13.60	0.36	-0.44	-0.25	-0.90	0.61	-2.92	11.77	14.7
240	12.56	0.84	-0.15	-0.25	-1.02	1.09	-4.10	9.29	13.4
243	12.33	0.27	-0.61	-0.28	-1.02	0.55	-3.58	10.68	14.3
245	13.04	0.22	-0.43	-0.21	-0.75	0.43	-1.94	11.75	13.7
246	11.82	0.35	-0.32	-0.21	-0.74	0.56	-1.84	10.14	12.0
248	12.85	0.04	-0.70	-0.26	-0.92	0.30	-3.02	11.95	15.0
249	11.41	0.27	-0.34	-0.20	-0.69	0.47	-1.52	10.00	11.5
250	13.26	0.38	-0.38	-0.24	-0.85	0.62	-2.64	11.40	14.0
251	12.41	0.85	-0.13	-0.28	-1.00	1.13	-3.50	9.02	12.5
252	13.09	0.82	-0.17	-0.28	-1.02	1.10	-3.60	9.79	13.4
253	12.57	0.63	-0.34	-0.29	-1.04	0.92	-3.72	9.83	13.5
254	12.04	0.84	-0.31	-0.24	-1.10	1.08	-4.10	8.82	12.9
255	13.83	0.49	-0.14	-0.19	-0.65	0.68	-1.42	11.80	13.2
256	13.16	0.53	-0.44	-0.29	-1.07	0.82	-3.92	10.70	14.6
257	12.08	0.30	-0.51	-0.26	-0.93	0.56	-3.08	10.40	13.5

para controlar el corrimiento de las magnitudes instrumentales como funcion del tiempo (drift) se remidieron cada 30 minutos 4 estrellas de la secuencia standard seleccionadas de forma que cubrieran el rango en magnitudes de las estrellas del programa. Al terminar la sesion se volvio a medir la secuencia.

2d. Ecuacion de color y errores internos y externos

Las ecuaciones de color que vinculan a las magnitudes instrumentales con las fotoelectricas fueron determinadas en este trabajo y son las siguientes:

$$V_{pg} = V_{pe} - 0.14 (B-V)_{pe}$$

$$B_{pg} = B_{pe} - 0.23 (B-V)_{pe}$$

$$U_{pg} = U_{pe} - 0.10 (B-V)_{pe}$$

donde pg indica fotografico y pe fotoelectrico, respectivamente.

Para tratar de reducir los efectos de inhomogeneidades en las placas, se midieron las dos mejores de cada color, y se recurrio a una tercera si las magnitudes instrumentales presentaban diferencias superiores a 0.2 magnitudes.

El error interno, o sea el que resulta de comparar la magnitud fotografica de una estrella en placas del mismo color, es de:

$$V = 0.03$$

$$B-V = 0.05$$

$$U-B = 0.05$$

En cuanto al error externo, que resulta de comparar los valores fotoelectricos y fotograficos de una estrella; no puede darse un valor medio para cada color ya que al trabajar con varias secuencias standard el error externo de una estrella va a depender de su distancia a la secuencia mas proxima. Por lo tanto, se ha optado por graficar los residuos externos V , $B-V$ y $U-B$ en funcion de su posicion sobre la placa (Figuras III-2, III-3 y III-4 respectivamente). y en unidades de 10 magnitudes. Los residuos se definen en el sentido (fotoelectrico - fotografico). Los valores fotoelectricos se extraen de este trabajo o de la literatura.

En general puede decirse que los errores crecen fuertemente para las estrellas que se ubican cerca de los bordes de la placa fotografica, mientras que se mantienen dentro de valores razonables para este tipo de fotometria (o sea del orden de 0.1 mag) en todas las demas partes. Para estrellas en las inmediaciones de una secuencia standard se registran los menores errores externos. En algunos casos la magnitud del error para una estrella va a depender del sistema telescopio-filtro empleado para obtener la magnitud fotoelectrica. Esto se nota especialmente en el color $U-B$; en muchos casos el error es comparable en magnitud a las diferencias entre valores del $U-B$ de una estrella segun diferentes

observadores.

No se pudieron medir fotograficamente todas las estrellas programadas. Distintas causas, como superposicion de imagenes en todos o en alguno de los colores, vignetting, existencia de fotometria fotoelectronica previa en la literatura, etc. redujeron el numero de estrellas medidas a 169; los datos correspondientes a estas estrellas se listan en la Tabla III-3.

3. Calculo de distancias fotometricas y espectroscopicas

3a. Valor de R en Puppis

Para la determinacion de distancias en la Galaxia es fundamental el conocimiento del valor de R, que es el cociente entre la absorcion total y la absorcion selectiva. A traves de distintos metodos se lo puede obtener, en la mayoria de los casos, como una integracion de su valor sobre la linea de la visual.

Turner (1976b) ha aplicado el metodo de la extincion variable a un conjunto de cumulos jovenes distribuidos a lo largo de la Via Lactea. Con este metodo se puede determinar el valor de R como la pendiente de la correlacion entre el modulo de distancia aparente $V-M_v$ y el exceso de color $E(B-V)$, para un grupo de estrellas a distancia comun pero afectados por cantidades diferentes de extincion interestelar. Como resultado del analisis de estos cumulos, R tomaria un valor medio para el plano galactico de 3.1, con valores ligeramente inferiores (2.92 + 0.08) alli donde la linea de la visual cae a lo largo de un brazo espiral. Parece adecuado, entonces, adoptar un valor de $R=3$ para la

zona de Puppis ya que los hallados por Turner (1976) no difieren del considerado normal para ese parametro.

3b. Distancias fotometricas y espectroscopicas

Los colores intrinsecos de las estrellas de las Tablas III-1 y III-3 que no tienen clasificacion espectral MK ni emision reconocida resultaron a partir de la curva de enrojecimiento

$$E(U-B)/E(B-V) = 0.72 + 0.05 E(B-V)$$

a lo largo de la cual la extincion interestelar desplaza la posicion de la estrella en el diagrama color-color, y de la relacion de los colores intrinsecos:

$$\langle U-B \rangle_0 = 3.69 \langle B-V \rangle_0 + 0.03$$

la cual coincide dentro de 0.01 mag con los colores dados por Johnson (1958) para las estrellas tempranas de la Secuencia Principal.

De la solucion de estas ecuaciones se obtuvieron valores aproximados para los colores intrinsecos $\langle B-V \rangle_0$ y $\langle U-B \rangle_0$, que fueron sometidos a un proceso de iteracion sobre $\langle U-B \rangle_0$ de la siguiente forma. Con el valor aproximado de $\langle B-V \rangle_0$ se obtiene un nuevo $\langle U-B \rangle_0$ a partir del grafico de los colores intrinsecos de Schmidt-Kaler (1983) para estrellas de clase V de luminosidad. Con ayuda de la curva de enrojecimiento se calcula un nuevo valor de $\langle U-B \rangle_0$ repitiendose el procedimiento de iteracion hasta que valores consecutivos de $\langle U-B \rangle_0$

difieren en menos de 0.004 mag.

El exceso de color $E(B-V)$ para cada estrella se calculo mediante la relacion

$$E(B-V) = (B-V) - (B-V)_0$$

asi como la magnitud visual corregida por absorcion $V_0 = V - A_V$, donde $A_V = R \cdot E(B-V)$.

Las magnitudes absolutas correspondientes se obtuvieron por interpolacion en la curva M_V versus $(U-B)_0$ de Schmidt-Kaler (1983), con las cuales se calcularon los modulos de distancia corregidos por la absorcion, $V_0 - M_V$. Debe recordarse que las distancias asi obtenidas son solo cotas minimas, pues a falta de datos espectroscopicos, se asume que se trata de estrellas de Secuencia Principal.

Para las estrellas con emision en la linea H-alfa, sin tipo espectral, se obtuvieron los colores intrinsecos iniciales de igual forma que en el parrafo anterior; se aplico luego el proceso de iteracion pero empleando el grafico $(U-B)_0$ versus $(B-V)_0$ de los colores intrinsecos de Schmidt-Kaler (1964a) para las estrellas con emision. Las magnitudes absolutas M_V resultan de la calibracion de Schmidt-Kaler (1964b) para estrellas con emision. En particular, para las estrellas con $(U-B)_0 < -0.85$, que serian las mas jovenes segun el mismo autor, resulta:

$$M_V = -3.02 + 1.09 (U-B)_0$$

con una dispersion de la magnitud absoluta de + 0.35 mag.

Estos son los lineamientos para el calculo de distancias fotometricas que se aplicaran a lo largo de este trabajo, a menos que se indique lo contrario.

Con respecto al calculo de distancias cuando se cuenta con tipos espectrales MK, los colores intrinsecos y las magnitudes absolutas M_v se extraen de las Tablas dadas por Schmidt-Kaler (1983).

CAPITULO IV

Indicadores de brazos espirales

1. Introduccion

La idea de trazar la estructura espiral de la Galaxia tomo impulso a fines de la decada del '40, cuando Baade y Mayall encontraron que en la galaxia de Andromeda se podian delinear los brazos espirales usando nebulosas de emision y cumulos y asociaciones OB. Surgio entonces la idea de examinar la distribucion de los mismos objetos en la Via Lactea.

La respuesta fue el trabajo de Morgan, Sharpless y Osterbrock, quienes en 1952 presentaron la primera vision de la estructura espiral de nuestra Galaxia. En ella se delinaban claramente los tres rasgos espirales basicos de Orion-Cygnus, en donde se ubica el Sol; el brazo de Perseo y el de Sagitario. A este cuadro se fueron agregando con el tiempo otros rasgos como el brazo de Carina, que podria ser una continuacion del brazo de Sagitario, asi como evidencias de un brazo de Perseo mas externo y un brazo Norma-Scutum.

Tradicionalmente se considera a las estrellas O y B, asi como a las regiones H II asociadas a ellas, como los trazadores espirales mas utiles en nuestra Galaxia. Hay otros grupos de estrellas que en forma similar resultan de interes en este aspecto, por ejemplo las estrellas Be, que Schmidt-Kaler (1964a) considera entre los mejores indicadores, o las estrellas Wolf-Rayet segun Smith (1973).

Las variables cefeidas entran tambien en esta categoria ya que se trataria de supergigantes que han evolucionado a partir de estrellas O y B. Se supone que las de periodo mas largo son asimismo las mas jovenes, y esto las convierte en trazadores espirales muy adecuados.

En lo que sigue trataremos de presentar una vision de las características principales de cada uno de los trazadores espirales mas importantes, asi como una lista de ellos en la region que se estudia, comprendida entre $l = 230$ y $l = 260$.

2. Asociaciones OB

Ambartsumian (1949) fue el primero en demostrar la existencia de un numero considerable de grupos estelares aislados, que llamo asociaciones, demasiado distantes como para mostrar paralelismo detectable entre los movimientos propios de sus miembros y de formacion reciente en comparacion con la edad de la Galaxia. Las componen en especial estrellas O y B tempranas y la atraccion gravitatoria mutua entre sus miembros es demasiado debil como para mantener unida a la asociacion en forma permanente, por lo que se encuentran en un estado de expansion.

Se debe a Blaauw (1964) el estudio mas profundo sobre las propiedades intrinsecas de las asociaciones situadas a menos de 1 kpc del Sol, pero validas en general para las asociaciones mas alejadas.

De acuerdo con sus investigaciones, las dimensiones varian entre las de un cumulo abierto ordinario (diametros del orden de varios

parsecs) hasta unos pocos cientos de parsecs. Sin embargo, a medida que el tamaño es mayor los límites se vuelven imprecisos ya que las partes más externas están pobladas en forma tan escasa que al estudiar la distribución aparente de las estrellas O y B sobre el cielo se nota que la asociación se mezcla con la población general del campo. Por otra parte, en las asociaciones el número de miembros débiles no aumenta rápidamente cuando vamos hacia luminosidades menores, por lo que resulta difícil aislar a la asociación con respecto al fondo del cielo.

Aunque Ambartsumian (1964) señala que, como regla, una asociación contiene un cúmulo abierto por lo menos, así como sistemas tipo Trapecio o cadenas estelares en algunas oportunidades, Blaauw no lo confirma como válido para todo tipo de asociaciones, ya que asocia estos objetos solo con los agrupamientos más jóvenes.

En las asociaciones de mayor tamaño aparece como una característica importante la existencia de subgrupos, o sea subsistemas separados en el espacio con diferentes estados evolutivos, como lo indican sus diagramas HR.

Sus tamaños relativos aumentan con la edad del subsistema (caso de las asociaciones III Cep, I Ori, I Lac y Sco-Cen).

A rasgos generales puede decirse que

a) cuanto más compacto el subgrupo, mayor el contenido proporcional de estrellas de los tipos más tempranos; a su vez, a medida que consideramos subgrupos más dispersos, mayor es su estado evolutivo en el diagrama HR.

b) el grado de asociacion del subgrupo con la materia interestelar disminuye al aumentar el tamaño y estado evolutivo.

c) la separacion de los subsistemas es del mismo orden de magnitud que los tamaños de los subsistemas, aunque esto podría ser un efecto de seleccion.

d) la direccion en que se separan los subsistemas parece ser casi paralela al plano galactico.

e) el número de estrellas en los subsistemas es marcadamente similar.

f) las dimensiones totales proyectadas varian entre 4 y 100 pc.

Debido al aumento del tamaño de los subsistemas con la edad, se llega a la conclusion de que para edades mayores que 15×10 años el subsistema se dispersa sobre un área tan grande que difícilmente se pueda reconocer un origen comun con el de otro subsistema.

Ademas, Blaauw encuentra en su investigacion que la presencia de uno o mas cumulos abiertos de tamaño normal (o sea con un diametro de varios parsecs) como nucleos de asociaciones no parece ser un fenomeno general.

Los parametros observacionales de las asociaciones no se encuentran tan bien determinados como los de cumulos abiertos, en parte debido a que la absorcion estelar suele ser variable de un extremo a otro de la asociacion y a que se mezclan grupos de estrellas de diferentes edades.

No existe una compilacion actualizada de datos observacionales de

este tipo de objetos. Para seleccionarlos en la zona de Puppis se consulto el 'Catalogue of Star Clusters and Associations' de Ruprecht, Balazs y White (1981), actualizado hasta 1973; y el articulo de Humphreys (1978) sobre estrellas luminosas en asociaciones. De estos se extrajeron los datos correspondientes a las asociaciones Puppis OB1, Puppis OB2 y Puppis OB3, cuyos datos principales se listan en la Tabla IV-1.

Tabla IV-1
Asociaciones

Nombre	l	b	E(B-V)	Vo-Mv	r(kpc)	Referencias
Pup OB2	243.50	-0.50	0.65	13.12	4.2	Havlen (1976)
Pup OB1	244.00	0.50	0.61	12.00	2.5	Havlen (1972)
Pup OB3	254.00	0.00	0.43	11.30	1.8	Eggen (1971)

3. Cumulos abiertos jovenes

Se conocen unos 1200 cumulos abiertos propiamente dichos. Sin embargo deben existir muchos mas en nuestra Galaxia, no detectables por proyectarse contra el fondo de cielo estrellas de la Via Lactea o por esconderse detras del polvo interestelar cercano al plano galactico.

No todos los cumulos abiertos son igualmente utiles como trazadores de brazos espirales. De acuerdo con Becker (1963,1964) y, mas recientemente, Janes y Adler (1982) los mas adecuados son los que contienen estrellas mas tempranas que B2 o sea aquellos con edades

inferiores a 2×10 años. En su extenso trabajo, Janes y Adler encuentran que al graficar los cumulos que cumplen ese requisito pareciera que los brazos espirales de la Galaxia se componen de segmentos distribuidos en forma bastante irregular o que los rasgos espirales quedan desdibujados ante los efectos de nubes de polvo. Segun esos autores se da una correlacion inversa entre la distribucion de cumulos jovenes y la distribucion de la absorcion; en particular existirian "ventanas" en la distribucion del polvo que llevaria a detectar una mayor cantidad de cumulos en ciertas direcciones galacticas (por ejemplo, el Brazo Local parece coincidir con zonas de baja absorcion para $l = 70$ y $l = 240$).

La lista de cumulos jovenes en Puppis se obtuvo del catalogo de Janes y Adler (1982), que constituye la compilacion publicada mas reciente sobre el tema. De el se seleccionaron aquellos cumulos con edades inferiores a 2×10 años. Se consultaron luego las referencias citadas alli para obtener los datos fundamentales. Tambien se reviso la literatura sobre el tema que fuera publicada a partir de la fecha en que se considera como completo al Catalogo. En caso de existir mas de una determinacion independiente de la distancia, se opto por hacer figurar en la Tabla de Cumulos jovenes la mas reciente de ellas si eran aproximadamente coincidentes o ambas citas en caso contrario.

Si las distancias que figuran en el articulo original se calcularon con un valor de R diferente al de este trabajo, se procedio a homogeneizar el calculo de la siguiente forma. Cuando se contaba con el modulo de distancia verdadero, a traves de la relacion:

$$V_0 - M_v = V - R \quad E(B-V) - M_v$$

se enrojcio nuevamente el modulo usando el valor de R dado en el articulo, para luego desenrojecerlo empleando $R = 3$.

Se seleccionaron 15 cumulos juvenes dentro de la zona de Puppis. Casi en su totalidad los datos provienen de los extensos trabajos observacionales de Moffat, FitzGerald o Vogt y se listan mas abajo en la Tabla IV-2.

En cuanto a las distancias, llama la atencion la fuerte discrepancia en torno a la del cumulo Ru 44. Moffat y FitzGerald (1974) determinaron una distancia de 6.6 ± 0.6 kpc para ese cumulo, y posteriormente FitzGerald y Moffat (1976) lo modificaron ligeramente llevandolo a 6.8 ± 0.6 kpc. Por su parte Havlen (1976a) y Turner (1981) encontraron valores de la distancia de 4.3 ± 0.2 y 4.7 ± 0.11 kpc, respectivamente. Analizando la calibracion que utilizaron FitzGerald y Moffat, Turner (1981) sugiere que la diferencia entre ambas distancias (ronda el 50 %) se debe al empleo de la calibracion de magnitudes absolutas de Blaauw (1963), y sugiere que la distancia a Haff 18ab y Haff 19 tambien deberia encontrarse errada en la misma proporcion ya que FitzGerald y Moffat tambien usaron esa calibracion.

9.-FitzGerald y Moffat (1976). 10.-FitzGerald et al. (1979).

4. Estrellas OB

En el Capitulo III hemos mencionado la calidad de estas estrellas como indicadores espirales y la manera en que suele detectarse las con el empleo de un prisma objetivo (comun o delgado). Otro metodo de busqueda consiste en reconocer sus características en espectros de baja dispersion (1250 Å mm) obtenidos con una red de transmision colocada en el haz convergente del telescopio, algo por delante del plano focal. Se llega a identificar así estrellas OB de hasta $B = 16$ o 17 mag.

Con los distintos tipos de busqueda se ha detectado un elevado numero de objetos, utilizados luego en investigaciones de zonas consideradas clave en la Via Lactea.

Como la distancia a una estrella individual solo puede determinarse con una exactitud del orden del 15-25%, al estudiar la distribución media de un gran numero de estos indicadores se puede mejorar la calidad de la informacion.

Lynds (1980a) sugiere que las estrellas OB individuales pueden ubicarse tanto en la zona del brazo como en la del interbrazo de las galaxias espirales, de forma que solo las estrellas OB mas tempranas trazarian bien sus brazos, o sea aquellas con $M_v < -3$. Para estrellas de la Secuencia Principal, las mas tempranas que B2 V son consideradas utiles; con igual caracter se fijan los tipos B2 IV, B4 III, B7 II y A2 Ia como los limites entre las subgigantes, gigantes, gigantes brillantes y supergigantes respectivamente.

Para la zona de Puppis se han confeccionado las siguientes Tablas de estrellas OB: estrellas OB del Catalogo de Heidelberg, con tipos espectrales de Garrison et al. (1977) y fotometria de Schild, Garrison y Hiltner (1983) (Tabla IV-3); estrellas del Catalogo de Heidelberg, con fotometria de Klare y Neckel (1977) (Tabla IV-4); estrellas de Stephenson y Sanduleak (1971) con fotometria fotoelectronica propia y espectros de C. Redd y FitzGerald (1983) o de Klare y Neckel (1977) (Tabla IV-5); y por ultimo, estrellas de Stephenson y Sanduleak (1971) con datos espectroscopicos y fotometricos extraidos de la literatura, principalmente de C. Redd y FitzGerald (1983), o de Wrandemark (1976) o de McCarthy y Miller (1974) (Tabla IV-6). Por ultimo, en un Apendice se dan otras identificaciones de las estrellas OB del catalogo de Stephenson y Sanduleak. Todas las Tablas, asi como el Apendice, se incluyen al final de este capitulo.

5. Estrellas Be

Las estrellas Be son objetos de clase de luminosidad III, IV o V, generalmente rotadores rapidos con espectros de tipo B normales a los que se superponen lineas de Balmer en emision.

Las estrellas Be son buenos indicadores de estructura espiral por su caracter de objetos jovenes y luminosos. Sin embargo, no todas las Be son igualmente utiles para estos fines ya que Schmidt-Kaler (1964a) encontro que mientras las estrellas de tipos B0e y B0.5e, con clases de luminosidad III-V, asi como las Bpe, son objetos jovenes, con edades del orden de 10×10 anos, las estrellas B1e (cuyas edades rondan los 14×10 anos) se concentran tambien sobre los brazos espirales pero en forma

muy dispersa como para ser utiles) a su vez las B2.5-B3e no muestran una relacion clara con la estructura espiral.

Segun Schmidt-Kaler (1964b) se pueden seleccionar fotometricamente las estrellas Be mas jovenes a traves de su indice de color $\langle U-B \rangle_0$, el que representaria un buen equivalente del tipo espectral. Todas aquellas estrellas con $\langle U-B \rangle_0 < -0.85$ resultan utiles para estudios de estructura galactica.

En un interesante trabajo sobre estrellas Be, Schild y Romanishin (1976) senalan que aquellas estrellas que se ubican en una banda 1.5 mag por encima de la Secuencia Principal (o sea las llamadas Be extremas) son los mejores indicadores de estructura espiral, con edades similares a las que obtuviera Schmidt-Kaler (1964b).

Se seleccionaron estrellas Be en la zona de Puppis del trabajo de Klare y Neckel (1977). Para estas estrellas con fotometria fotoelectronica, los colores intrinsecos se calcularon inicialmente empleando los datos por Schmidt-Kaler (1964a) para estrellas con emision mediante un proceso iterativo similar al empleado con las estrellas del Catalogo. Las magnitudes absolutas para $\langle U-B \rangle_0 < -0.85$ resultan de la relacion:

$$M_v = -3.02 + 1.09 \langle U-B \rangle_0 \quad (\text{Schmidt-Kaler, 1964b})$$

Los valores que resultan tienen una dispersion de +0.35 mag. Los resultados se presentan en la Tabla IV-7.

Otras estrellas Be con tipo espectral se obtuvieron de las listas

de Garrison et al. (1977); en este caso tambien los colores intrinsecos y la Mv resultan de los trabajos de Schmidt-Kaler (1964a,b) y se presentan en la Tabla IV-8. Tanto esta Tabla como la anterior se presentan al final de este Capitulo.

6.Regiones H II

Las regiones H II son nubes de hidrogeno interestelar fuertemente ionizadas por una estrella O o B o por un cumulo de estrellas O y B en sus cercanias. Para una densidad media de hidrogeno interestelar de aproximadamente 1 atomo de hidrogeno por cm una estrella B0 emite suficiente radiacion ultravioleta como para ionizar todo el H dentro de una distancia de 30 parsecs. Con igual densidad de hidrogeno, una estrella O muy caliente producira ionizacion dentro de una esfera de 200 pc de radio. Cuando vamos hacia estrellas mas frias, tanto el aporte de luz ultravioleta como el poder de ionizacion resultante disminuyen rapidamente, de forma que una estrella A0 probablemente ionizaria dentro de una esfera con un radio de solo 0.3 pc.

Fich y Blitz (1984) han realizado un estudio de distintas características presentes en las regiones H II.

Con respecto a la distribucion normal al plano, encuentran que mientras las regiones H II de la parte Norte de la Galaxia (o sea aquellas con $0 < l < 180$) se ubican con preferencia por encima del plano galactico para distancias galactocentricas $R > 14.5$ kpc, las del Sur ($180 < l < 360$) prefieren hacerlo por debajo del mismo. Este comportamiento diferente entre los objetos de una y otra seccion de la

Via Lactea refleja el "warping" del plano de H I en las regiones exteriores de la Galaxia.

Tambien parece existir una relacion entre la disminucion de la dispersion en la distribucion en Z para $R = 12$ kpc, con la ubicacion de las regiones H II sobre el brazo de Perseo. Similar disminucion encontro Stark (1983) en el caso de regiones H II a distancia galactica del orden de 7 kpc situadas sobre el brazo de Sagitario. Stark encontro en ese trabajo que las nubes moleculares mas masivas tienen una escala de altura mas pequena que la media para las nubes moleculares; por lo tanto las regiones H II y las nubes moleculares gigantes tendrian una escala de altura menor en la posicion de los brazos espirales en la Via Lactea.

Otra caracteristica de las regiones H II encontrada por Fich y Blitz se refiere a su tamano, que es mayor cuando se ubican sobre los brazos de Perseo y de Sagitario, y menor en la zona inter-brazo ($R = 9$ kpc).

En cuanto a la distribucion en sentido radial de las regiones H II de gran tamano, no parecen detectarse mas alla de los 12 kpc del Sol, lo que ellos interpretan como debida a una disminucion de la densidad media del gas interestelar, a una disminucion en la eficiencia con la cual se forman las estrellas de mayor masa o a ambas causas.

De acuerdo con Fich y Blitz (1984) cuyo estudio no llega mas alla de $l = 250$, la distribucion de las regiones H II muestra "huecos" en la extincion de fondo. En el 3er. cuadrante ($l = 180$ a 270) se distribuyen de una manera relativamente mas uniforme cerca del plano, a

diferencia de lo que ocurre en las otras regiones de la Galaxia; se explicaría por la presencia de una extinción interestelar baja en esa región. La región H II más distante (S 266) se ubica a unos 13 kpc del Sol (22 kpc desde el centro galáctico).

Para la sección de la Galaxia no cubierta por Fitch y Blitz, se cuenta con el estudio de Crampton y Georgelin (1975) y con el de Moffat, FitzGerald y Jackson (1979). Los primeros grafican la estructura espiral empleando distancias espectrofotométricas hasta 4 kpc y también cinemáticas llegando a unos 8 kpc del Sol. En la dirección de Puppis existirían 10 regiones H II que extienden el brazo Local hasta la asociación Puppis OB2 (Havlen, 1972). Dos regiones en esa dirección son muy distantes y los autores del trabajo sugieren que podrían pertenecer al brazo de 15 kpc de FitzGerald y Moffat (1974). En el artículo de Moffat et al. se trataron de obtener distancias espectrofotométricas de estrellas calientes asociadas a regiones H II desde $l = 140$ (que es donde el Brazo de Perseo parece cortarse abruptamente en la parte óptica) hasta $l = 250$, donde empieza la región de Vela.

Sus conclusiones indican que el brazo de Perseo continúa probablemente más allá de $l = 140$ a una distancia de aproximadamente 2.2 kpc desde el Sol, hasta $l = 240$ a una distancia de unos 3 kpc, donde el brazo Local se une con él; el rasgo espiral más externo (+ II) aparece mejor definido y se extiende desde $l = 150$ (a 5 kpc desde el Sol) hasta $l = 245$ (unos 6.5 kpc). Finalmente, según este trabajo existen evidencias de un rasgo espiral todavía más externo (+III), especialmente alrededor de $l = 210 - 220$, donde hay 4 regiones H II a una distancia media de 8 kpc. Esta distancia representaría el borde más externo del

disco galactico.

La lista de regiones H II en la zona de Puppis se ha extractado de los trabajos mencionados en el texto.

Tabla IV-9
Regiones H II en Puppis

Region	l	b	T.E.	E(B-V)	Vo-Mv	r(kpc)
S299	230.97	1.49	B0 V	0.88	13.22	4.4
S300	231.01	1.55	B0 V	0.74	13.22	4.4
S301	231.52	-4.33	O7	0.60	13.82	5.8
S302	232.63	1.01	--	--	11.72	2.2
S305	233.77	-0.15	O9.5	1.21	13.58	5.2
S306	234.28	-0.43	O5	0.94	13.12	4.2
S307	234.57	0.83	O9	0.95	11.71	2.2
S309	234.64	-0.21	O9	0.87	13.70	5.5
S310	239.65	-4.94	--	--	10.88	1.5
Wat3	242.50	1.40	B2:	0.34	13.60	5.2
S311	243.20	0.44	O6	--	13.06	4.1
RCW19	253.80	-0.3	O7	0.70	12.40	3.2

7.Cefeidas de largo periodo

Las cefeidas de Poblacion I cumplen las dos condiciones necesarias para ser consideradas como buenos trazadores espirales: ser lo

suficientemente jóvenes como para considerarlas típicas de la población de un brazo espiral y además, el poder determinar distancias confiables para ellas a través de la relación Periodo-Luminosidad-Color.

Para los fines propuestos, las que tienen periodos superiores a los 15 días son las más adecuadas. Se trata de estrellas supergigantes que se presume han evolucionado a partir de estrellas de tipo B y por lo tanto son más jóvenes que las de corto periodo. Sin embargo, la poca abundancia de objetos con estas características lleva a resultados poco claros cuando se trata de delinear la estructura de la Galaxia.

Debido al gran brillo intrínseco de las cefeidas, Humphreys (1978) sugiere utilizar las de periodo $P > 15$ días como indicadores de la presencia de brazos espirales en la Galaxia, para luego realizar un estudio de la zona por medio de trazadores más abundantes.

van den Bergh y colaboradores (van den Bergh et al. (1983) y trabajos subsiguientes) están desarrollando un estudio de cefeidas de largo periodo a fin de obtener una calibración de sus distancias que sea aplicable a las que se identifican en galaxias distantes. El trabajo se concentra en detectar la presencia de asociaciones en la inmediata cercanía de las cefeidas galácticas de largo periodo para luego estudiarlas y obtener su distancia. Como resultado general, puede decirse que no se han encontrado asociaciones OB que se relacionen estrechamente con las cefeidas estudiadas. Como causas posibles se menciona que la mayoría de las cefeidas de largo periodo no estarían situadas en los núcleos de asociaciones ricas, o que en algunas asociaciones pobres la densidad superficial de estrellas OB puede ser demasiado baja como para que se ubique dentro de un radio de $10'$ de la

cefeida un numero significativo de esos objetos.

De las listas de cefeidas galacticas de Madore (1975) se han extraido 4 objetos con periodos superiores a 15 dias ubicados en la zona de Puppis, cuyos datos fundamentales se listan abajo.

Para calcular los colores intrinsecos se utilizo la relacion Periodo-Color dada por Fernie y McGonegal (1983) en su estudio sobre cefeidas en cumulos y en asociaciones:

$$\langle B \rangle - \langle V \rangle_0 = 0.32 + 0.418 \log P$$

donde $\langle B \rangle$ y $\langle V \rangle$ representan colores promediados en el tiempo. La magnitud absoluta M_V resulta de la relacion Periodo-Luminosidad de los mismos autores:

$$M_V = -2.8821 \log P - 1.6$$

Las cefeidas seleccionadas y sus datos mas importantes son los siguientes:

Tabla IV-10
Cefeidas en Puppis

*	l	b	P(d)	$\langle V \rangle$	$\langle B-V \rangle$	E(B-V)	$V_0 - M_V$	r(kpc)
X Pup	236.1	-0.8	25.695	8.50	1.32	0.91	12.6	3.3
VZ Pup	243.4	-3.3	23.171	9.59	1.24	0.35	14.1	6.6
AQ Pup	246.2	0.1	30.032	8.74	1.35	0.41	13.4	4.8

RS Pup 252.4 -0.2 41.937 7.00 1.50 0.50 11.8 2.3

8. Estrellas Wolf-Rayet

Se las encuentra entre las estrellas de extrema Poblacion I y como estrellas centrales de nebulosas planetarias. En ambos casos se trata de estrellas altamente evolucionadas en las cuales se ven en la superficie los productos de las reacciones nucleares en los nucleos estelares.

Se supone que las WR de extrema Poblacion I son las descendientes de estrellas de tipo O masivas, en las cuales los nucleos inicialmente convectivos se han vuelto visibles debido a la gran perdida de masa (que en algunos casos llega a 10 M_{\odot} por año) y a la mezcla en el objeto progenitor.

Avalando esta suposicion, los trabajos de Garmany (1986) y Conti (1986) muestran la similitud de la distribucion en longitud galactica de las estrellas OB con masas superiores a 40 M_{\odot} y la de estrellas WR situadas a menos de 3 kpc del Sol. En el trabajo de Conti, ademas, se realiza una comparacion entre la distribucion vertical Z de estas WR y la de estrellas OB masivas; el resultado es una extension vertical similar. Se las encuentra fuertemente confinadas al plano galactico, como se espera de todo objeto de Poblacion I y dentro de una banda de 100 parsecs. Unas pocas se ubican lejos del plano, lo que se interpreta como resultado de las OB llamadas "run away".

La distribucion en Z muestra ademas una clara asimetria con respecto al plano galactico (Hidayat et al., 1981) con una fuerte

preferencia hacia latitudes negativas en el intervalo $l = 240$ a $l = 30$. Fujimoto y Sofue (1977) atribuyen esta concentración en latitudes negativas a una interacción de mareas durante el pasaje de las Nubes de Magallanes.

A pesar de ser objetos muy luminosos, fácilmente observables a grandes distancias, su utilidad como indicadores de estructura espiral se ve limitada por su bajo número, que en nuestra galaxia supera escasamente los 160.

Del catálogo de Hidayat et al. (1981), se seleccionaron tres estrellas Wolf-Rayet en la zona de Puppis. Los $E(B-V)$ han sido calculados a partir de los excesos en el sistema de banda angosta a través de la relación $E(B-V) = 1.21 E(b-v)$ (Turner, 1977). La absorción en el visual A_v resulta de $A_v = 4.1 E(b-v)$.

Tabla IV-11

Estrellas Wolf-Rayet

*	l	b	v	b-v	E _{b-v}	T.E.	E(B-V)	V ₀ -M _v	r(kpc)
8	247.07	-3.79	10.56	0.43	0.68	WN6 + WC4	0.55	12.7	3.5
9	249.27	-4.84	11.04	0.76	0.99	WN6 + WC4	0.82	11.6	2.1
10	245.98	0.58	11.08	0.18	0.47	WC5 + abs.	0.32	13.5	5.1

9. Asociaciones R

Se designan así a las asociaciones de estrellas en nebulosas de

reflexion. Racine (1968a) mostro por primera vez que estas asociaciones podian usarse como trazadores espirales, lo que no resulta sorprendente ya que en las galaxias externas el polvo se concentra a lo largo de los brazos espirales. Trabajos sucesivos (Racine 1968b, 1969a; van den Bergh, 1968; Herbst, 1975 y otros) han confirmado esta caracteristica.

Como trazadores espirales, gozan de la virtud de estar relacionadas con un elemento como el polvo, cuya distribucion en la galaxia delinea los rasgos espirales aun mejor que las regiones H II; ademas la densidad superficial de asociaciones R en el plano galactico es superior a la de las asociaciones OB.

Se han realizado a la fecha dos importantes busquedas de nebulosas de reflexion, una cubriendo la Via Lactea del Norte (van den Bergh, 1966) y otra la Via Lactea del Sur (van den Bergh y Herbst, 1975).

Para el rango de longitudes galacticas $l=80-245$, la busqueda del Norte muestra una ausencia de asociaciones R a distancias mayores de 1 kpc como consecuencia de haberse restringido la observacion a estrellas brillantes que iluminan nebulosas de reflexion. Este efecto de seleccion observacional afecta el trazado de rasgos espirales en el 2do. y 3er. cuadrantes.

Al analizar la distribucion espacial de las nebulosas de reflexion, se encuentran tres concentraciones prominentes; una en la region de Puppis-Vela ($l=260$), otra en Carina. ($l=286$), al mirar a lo largo de un brazo; y la ultima en Scorpio ($l=345$), con una brecha muy notable entre 270 y 282 que representaria una falta real de indicadores espirales.

La alta concentracion de ellos en Puppis-Vela podria ser

interpretada como el resultado de mirar a lo largo de un brazo espiral, el brazo Local extendido hacia la extensión del brazo de Perseo (250 a 260).

Del catalogo de van den Bergh y Herbst se han extractado 3 asociaciones R cuyos datos se listan mas abajo. Son ellas: Pup R1, una pequeña cadena de nebulosas de reflexión; Pup R2, una gran asociación con dos subgrupos (uno en $l = 255$ y el otro en $l = 260$) y Pup R3, que contiene a la cefeida RS Puppis. Havlen (1978) ha calculado la distancia de esta cefeida y la encuentra concordante con la determinación de Westerlund (1963) para RS Puppis considerada como miembro de la asociación Pup OB3. Por lo tanto, la cefeida y Pup OB3 estarían físicamente asociados.

Tabla IV-12

Asociaciones R en Puppis

Nombre	l	b	$E(B-V)$	$V_0 - M_V$	$r(\text{kpc})$
Pup R3	252	-1	0.52	11.36	1.9
Pup R2	256	-2	0.43	10.13	1.1
Pup R1	260	-3	0.88	13.16	4.3

CAPITULO V

Distribucion de indicadores espirales

1. Introduccion

En este capitulo se analizara la distribucion general de las estrellas OB, poniendo enfasis en el estudio de concentraciones aparentes de esos objetos. Luego se estudiara la distribucion general de todos los indicadores espirales de la region, asi como tambien las características que presenta la absorcion interestelar en Puppis.

2. Distribucion general de las estrellas OB

Veremos ahora la forma en que se distribuyen las estrellas OB+ y OB0 descubiertas en esta busqueda, para luego incluir en el analisis a las que provienen del catalogo Luminous Stars for the Southern Milky Way (1971). Como las estrellas OB- no se relacionan directamente con los rasgos espirales por si solas, las tendremos en cuenta solo cuando estudiemos grupos particulares.

En la Figura V-1 se ha graficado la distribucion de las estrellas de los tipos OB y OB incluidas en la Tabla II-3, en coordenadas galacticas (l,b) (signos + y o respectivamente). Las primeras se ubican en su gran mayoria en latitudes negativas; ademas, casi la mitad de ellas se distribuyen en forma lineal entre $l = 247$ y $l = 250$, y entre -3 y -5 en latitud. Por encima del plano galactico la distribucion no muestra rasgos particulares.

catalogo. Se puede observar que estos objetos tambien presentan
indicios de concentracion hacia las zonas que mencionamos antes.

4. Estudio de la Zona II.

4a. Introduccion.

Munch (1951a, 1951b, 1954) destaco en sus trabajos la existencia de una concentracion de 79 estrellas OB en el intervalo 240 -250 a la que designo con el nombre de I Pup y a la que Markarian (1952) ubico a una distancia de 2.5 kpc del Sol. Schmidt (1957) fue el primero en reconocer que la concentracion se compone en realidad de dos grupos fisicos superpuestos en la misma direccion pero a diferente distancia, y designo como II Pup al grupo mas cercano (2.5 kpc) y como I Pup al mas alejado (4.2 kpc).

Los agrupamientos intercambiaron sus nombres en el trabajo de Alter et al. (1958) y finalmente es Ruprecht (1966) quien oficializa la designacion de Puppis OB1 para el agrupamiento mas cercano al Sol y de Puppis OB2 para el situado a mayor distancia.

En la decada del '60 se realizaron varios trabajos sobre ambas asociaciones pero todos ellos enfocando aspectos parciales. Finalmente Havlen (1972, 1976) desarrolla los estudios mas profundos hasta la fecha en base a fotometria UBV y H-beta.

4b. Puppis OB1 y Puppis OB2.

Segun Havlen (1972), Puppis OB1 consiste de 21 miembros posibles que se distribuyen sobre unos 6 grados en longitud aproximadamente, con modulos de distancia entre 11.3 y 12.5, con la mayoria de sus estrellas entre 12.0 y 12.3 magnitudes. No presenta una concentracion central

aparente. A su vez Puppis OB2 se presenta como un agrupamiento mas distante y con mayor poblacion. Havlen (1972, 1976) le atribuye una cantidad de miembros estimada en unas 29 estrellas con modulos de distancia intrinsecos entre 12.6 y 13.5 magnitudes. Presenta una concentracion central en las coordenadas $l = 245.7$, $b = +0.5$, que coincide con el grupo de estrellas luminosas conocido como Ruprecht 44.

Las estrellas de Puppis OB1 se ubican por lo general por debajo del plano galactico mientras que las de Puppis OB2 lo hacen con valores positivos de Z de hasta 100 parsecs.

La absorcion interestelar en esa direccion es baja, considerando que no son estrellas cercanas al Sol. Para Puppis OB1 se obtienen valores de los excesos del orden de 0.61 mag mientras que para el otro agrupamiento resulta un valor medio similar, que ronda las 0.5 mag, a pesar de encontrarse mucho mas alejado. Cuando se grafican los excesos individuales de las estrellas de ambos grupos en funcion de la distancia, no parece existir una correlacion obvia entre ellos en el intervalo que va desde los 2 hasta los 5 kpc; segun Havlen esto indicaria que existe una zona interbrazo entre ambas asociaciones.

En cuanto a las edades, Havlen calcula para Pup OB1 unos 4×10 anos y para Pup OB2 una edad algo menor de 2×10 anos, o sea que ambos son sumamente jovenes.

No existen discrepancias en la literatura acerca de las características del agrupamiento mas cercano. En cuanto a Pup OB2, la aparicion de dos estudios casi simultaneos sobre Ruprecht 44 (McCarthy y Miller, 1974; Moffat y FitzGerald, 1974), que Havlen adopta como centro

de la asociacion, abrio un capitulo de arduas discusiones acerca de la distancia a ese cumulo y por lo tanto a su pertenencia o no a Puppis OB2.

El trabajo de McCarthy y Miller (1974) consiste en una busqueda de estrellas OB con red de transmision en una zona de aproximadamente 30' x 30' que incluye a Ru 44 cerca de su centro; ellos detectan 43 objetos azules, la mayoria con $V = 14$ mag que se situan dentro de los 10' del centro del cumulo. Con observaciones fotoelectricas y fotograficas encuentran que existe una fuerte concentracion de estrellas en $V_0 - M_V = 14.2$, con una absorcion media de 2 magnitudes. Por su parte, Moffat y FitzGerald (1974) llegan a conclusiones similares luego de una busqueda de estrellas OB con prisma objetivo y observaciones tambien fotoelectricas y fotograficas. Sus 54 estrellas OB muestran una concentracion en $V_0 - M_V = 14.1$ (6.6 kpc), con un exceso de color promedio de 0.70 ± 0.02 mag; el tipo espectral mas temprano es O6, lo que indica una edad de 10 anos. De acuerdo con ese modulo de distancia, Moffat y FitzGerald sugieren que Ruprecht 44 no deberia ser el nucleo de la asociacion Pup OB2 ya que esta mas alejado del Sol que ese agrupamiento.

Havlen (1976) sugiere que los valores $V_0 - M_V$ calculados por los autores de los trabajos anteriores estarian sobreestimados en 0.5 mag al comparar las distancias obtenidas fotoelectricamente por ellos con las que resultan de su propio empleo de la calibracion H-beta de las magnitudes absolutas. De esa forma, Havlen (1976) confirma que las estrellas luminosas de Ru 44 se ubican a una distancia promedio de 13.2 mag y que por lo tanto cumulo y asociacion estan fisicamente relacionados. Respecto a las estrellas debiles descubiertas en los dos

trabajos anteriores las supone miembros ligeramente menos luminosos de la asociacion.

Por su parte, McCarthy y Miller (1974) han defendido su posicion haciendo notar que Havlen solo pudo observar con H-beta las estrellas mas brillantes de Ru 44 ($V < 13$) y que muchas de las estrellas detectadas por ellos con la red, asi como las encontradas por Moffat y FitzGerald con el prisma, son mas debiles que las estrellas LS observadas por Havlen y que podrian ser mas distantes. Ellos sugieren que tal vez se este viendo una gran asociacion OB (1 -2) con $V_0 - M_V = 13.2$, superpuesta sobre un agregado de estrellas azules mas pequeno, mas debil y mas distante. FitzGerald y Moffat (1976) volvieron a observar la zona, esta vez con fotometria fotoelectronica y espectros de prisma de 10 y practicamente reafirman sus conclusiones anteriores con una ligera modificacion en el modulo de distancia del cumulo, que ahora corresponde a 6.8 ± 0.6 kpc.

Por ultimo, Turner (1981) realiza una revision de todas las observaciones fotoelectricas y espectroscopicas de las estrellas en Ru 44 y en sus cercanias, y encuentra que es correcta la distancia al cumulo que propone Havlen asi como su pertenencia a Pup OB2; para evaluar los datos, Turner usa su propia relacion entre los enrojecimientos y su propia ZAMS.

4c. Analisis

La zona que denominamos II fue elegida en base a la concentracion de estrellas en la Figura V-2 y se puede suponer que incluye miembros posibles tanto de una como de la otra asociacion, aunque es evidente que

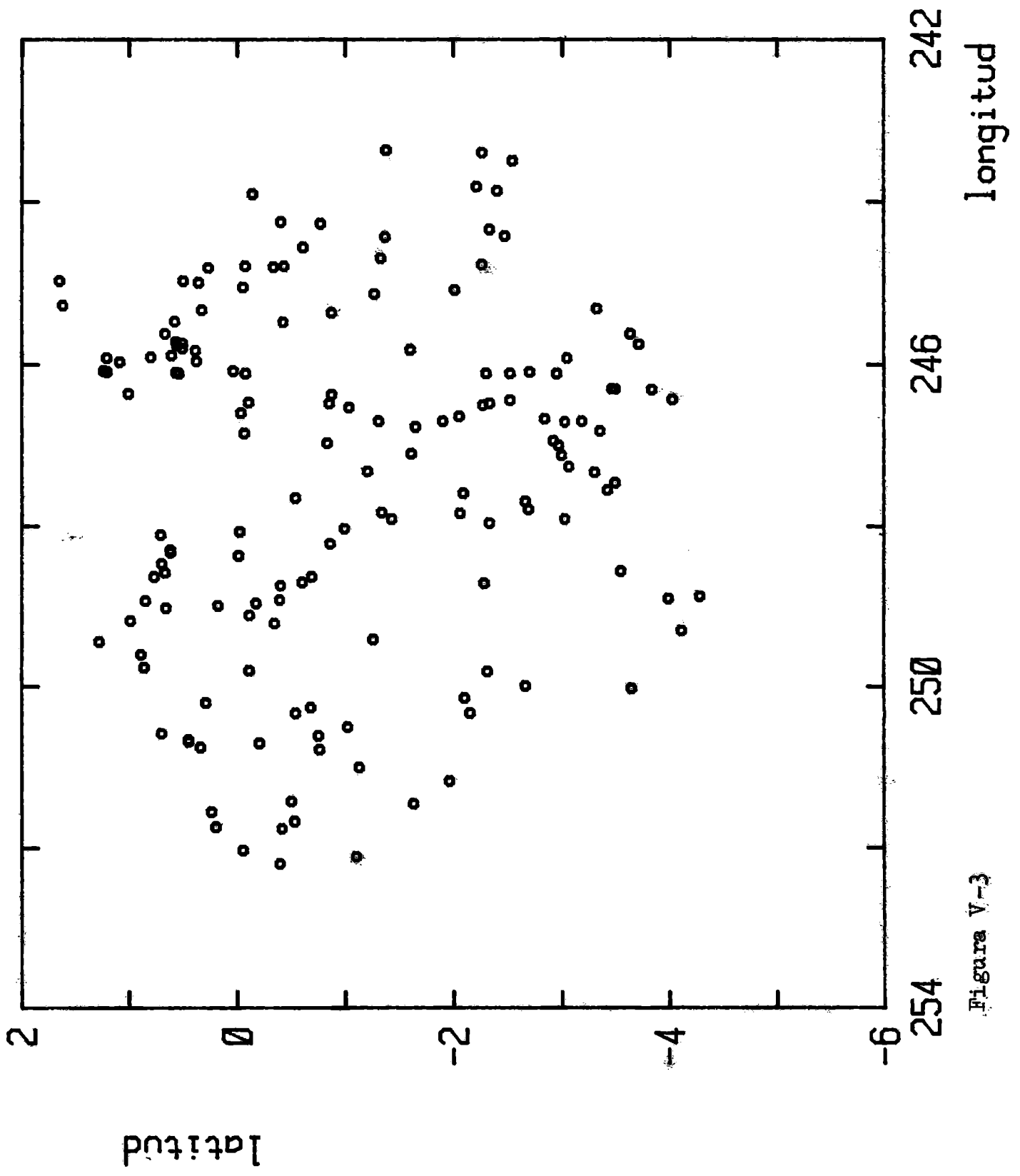


Figure V-3

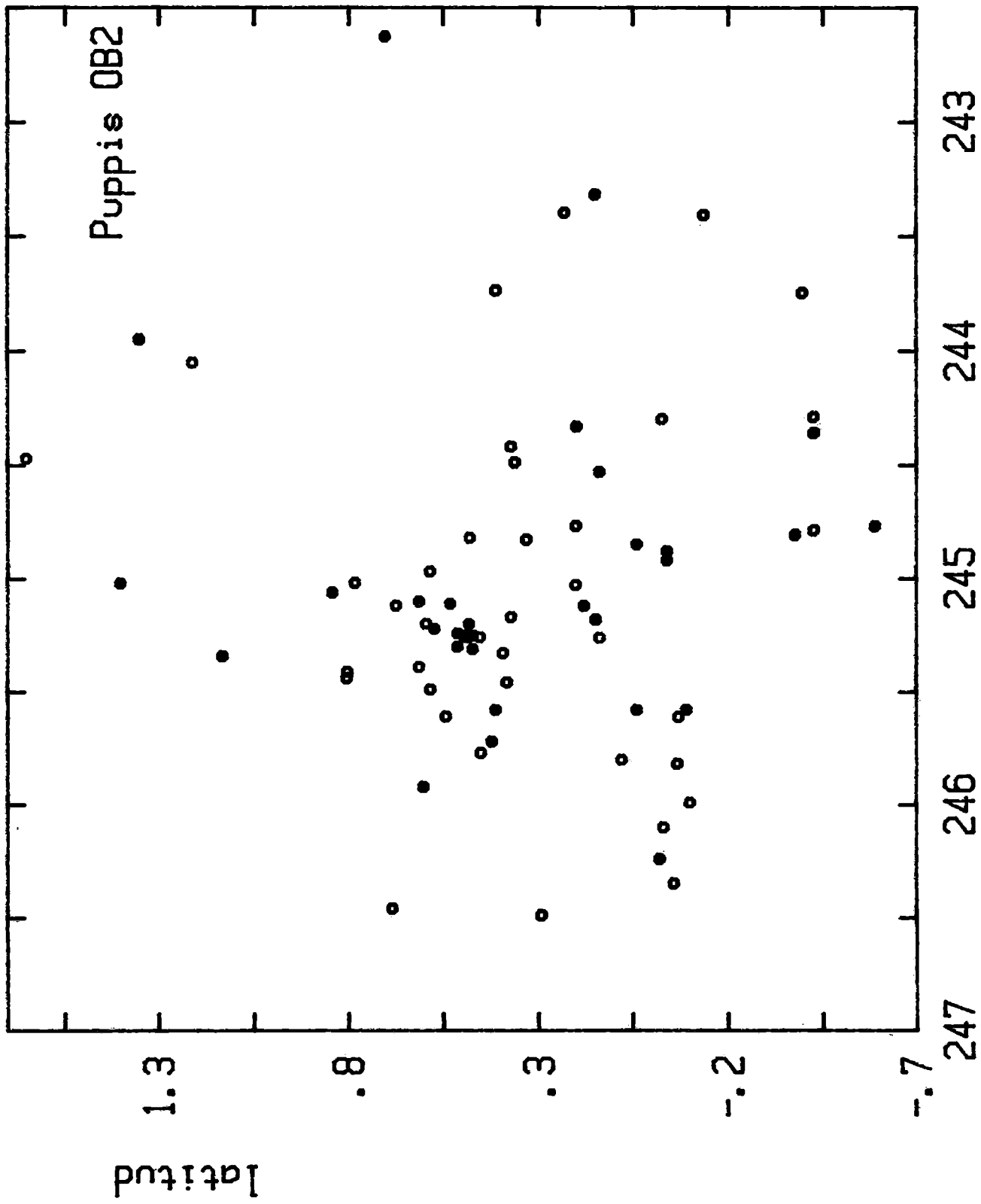


Figure V-c

longitud

la mayoría debería estar asociada al cúmulo Ruprecht 44 por su distribución en torno a $(245.7, +0.5)$. Entonces, para poder analizar adecuadamente la situación es necesario ampliar algo los límites de esta Zona, en especial cuando nos referimos a la asociación más cercana y más dispersa.

Se menciona en el Capítulo III que al preparar el plan de observaciones fotoeléctricas de estrellas en Puppis se optó por concentrarlas al Sur de -30 en declinación, ya que al Norte de ella se daban los estudios más completos sobre estrellas jóvenes. Por lo tanto aparte de datos fotoeléctricos en alguna de las Tablas del Capítulo IV, solo contamos con medidas fotográficas para las estrellas de nuestro Catálogo. Debido a los errores que se presentan en este tipo de determinaciones, no podemos intentar resolver con claridad el problema de las distancias, aunque sí mostrar la distribución espacial de los posibles miembros de ambas asociaciones.

La Figura V-17 muestra la distribución en módulo de distancia verdadero de las estrellas del Catálogo observadas fotográficamente, de acuerdo con el siguiente detalle:

a) con módulos de distancia hasta 12.5 mag, corresponden a la región $242 < l < 249$ y $-2 < b < 2$;

b) con módulos de distancia a partir de 12.6 , corresponden a la región $243 < l < 247.5$ y $-0.7 < b < +1.7$.

a) Hay 24 estrellas que podrían ser miembros de Puppis OB1; pueden existir otros objetos miembros entre los límites elegidos, no detectados en las placas de prisma delgado ya que aparecerían en las de menor

exposicion con sus espectros sobreexpuestos.

En la Figura V-18 se muestra la distribucion en (l,b) de esas estrellas del Catalogo y de otras 24 estrellas pertenecientes a las Tablas del Capitulo IV con modulos de distancia entre los asociados con Puppis OB1. Si esas estrellas del Catalogo son efectivamente miembros de Puppis OB1, la asociacion se extenderia ahora tambien hacia latitudes positivas cubriendo unos 2 grados por encima y por debajo del plano galactico, aunque parece existir una tendencia de los miembros a ubicarse por debajo cuando avanzamos hacia longitudes mayores. No alcanza a perfilarse una concentracion que se pueda tomar como centro de la asociacion Pup OB1.

b) los limites de esta zona se eligieron de acuerdo con lo propuesto por Havlen y otros autores. En el Catalogo figuran 67 estrellas OB con posiciones dentro de esos limites pero solo se obtuvo fotometria fotografica de 48 de ellas, en algunos casos porque se contaba con fotometria fotoelectronica previa en alguno de los trabajos sobre la region o porque en la parte central de Ru 44 se produce una superposicion de imagenes debiles que impiden una fotometria fotografica confiable. Doce de las estrellas descubiertas en la zona cercana a Ru 44 tienen identificaciones comunes con el trabajo de Moffat y FitzGerald o con el McCarthy y Miller; las identificaciones cruzadas se listan en la ultima columna de la Tabla II-3.

En el histograma de la Figura V-17 figuran 11 objetos con sus modulos de distancia dentro del rango correspondiente a Pup OB2. Otros 33 objetos se dispersan en forma casi continua a lo largo de unos 3.5 kpc. Este hecho coincide con lo que encuentra Peton-Jonas (1981) aunque

debemos hacer la aclaracion de que Peton-Jonas incluye en su histograma estrellas hasta de tipo B6, lo que puede falsear las conclusiones.

Con respecto a nuestro histograma, se debe tener en cuenta que las distancias fotograficas implican cotas minimas por la forma en que se obtuvieron, a lo que se suma el error propio que puede cometerse al usar magnitudes fotograficas. Un error del orden de 0.04 mag en el $(U-B)_0$ implica una diferencia del orden de 1 magnitud en la M_v para estrellas azules como con las que trabajamos y resulta en mayores distancias que las reales.

Aunque existe una indeterminacion en las distancias, igual puede decirse que hay un considerable numero de estrellas jovenes fuera de la banda de modulos que mencionamos antes.

En la Figura V-19 se han graficado con circulos llenos las estrellas con V_0-M_v entre 12.6 y 13.5 de las Tablas del Capitulo IV; con circulos abiertos las estrellas del Catalogo con el mismo rango en los modulos de distancia y con circulos verdes aquellas estrellas del Catalogo con $V_0-M_v > 13.5$ mag. Los circulos verdes llenos corresponden a estrellas de las Tablas mencionadas anteriormente con $V_0-M_v > 13.5$ mag. Se incluyen tambien 7 estrellas detectadas en este trabajo y en el de McCarthy y Miller (1974) que tienen fotometria en este ultimo trabajo. Las estrellas descubiertas en la zona muestran tendencia a concentrarse hacia el centro de Ru 44, especialmente los circulos verdes que representarian los objetos mas alejados. Teniendo en cuenta que en la zona del cumulo se superponen busquedas con prisma delgado, de 10 grados y con red de transmision parece logico suponer que serian escasas las estrellas jovenes que habrian escapado a su identificacion en alguna

de las búsquedas.

Finalmente, digamos que varios estudios sobre distribución de estrellas de distintos tipos espectrales en la zona de Puppis OB1 y Puppis OB2 no permitieron aclarar las cosas; incluso aumentan la confusión, ya que mientras Wilson y FitzGerald (1972) en su estudio de la distribución de estrellas O a B9 en esa región de Puppis detectan dos picos en la distribución de densidades de las estrellas O a B3 y de estrellas B5, que atribuyen a la presencia de ambas asociaciones, C. Redd y FitzGerald (1984a) no encuentran evidencia aparente de que las asociaciones Puppis OB1 y Puppis OB2 representen fluctuaciones importantes por encima del disco exponencial; aun más, C. Redd y FitzGerald (1984b) estudiando la distribución en densidad de estrellas con $M_v < -4.0$ no encuentran indicios de ninguna de esas asociaciones.

5. Estudio de la Zona III.

5a. Introduccion.

Esta ultima zona bajo estudio muestra una concentracion de estrellas jovenes en las cercanias de ($l = 250.7$; $b = +0.8$), donde se ubica Ruprecht 55, un pequeno agrupamiento de estrellas OB. Moffat y Vogt (1975) fueron los primeros en estudiarlo, derivando un modulo de distancia de 13.2 mag (4.4 kpc) en base a fotometria UBV y H-beta de 9 estrellas que suponen miembros de Ru 55. El valor medio de los excesos es de $0.54 + 0.07$ mag y el tipo espectral mas temprano es B0, lo que indicaria una edad del orden de 10 anos. Para ese mismo cumulo, FitzGerald et al. (1979) determinan un modulo de distancia espectroscopico de $13.0 + 0.6$ mag (4 kpc) en base a las tres estrellas mas brillantes del agrupamiento.

Por ultimo, Dodd y Ellery (1980) obtienen fotometria fotografica de unas 300 estrellas en una region de $10'$ de radio en torno a la posicion de Ru 55. Solo 36 de esas estrellas parecen ser mas tempranas que F0 V; ajustando la ZAMS de Deutschman et al. (1976), obtienen un modulo de distancia de $13.5 + 0.8$ mag (5 kpc).

5b. Analisis.

La Tabla V-5 lista los datos fundamentales correspondientes a las estrellas de nuestro catalogo y a otras estrellas de distintas Tablas del Capitulo IV, que se ubican en los alrededores del cumulo Ru 55. La distribucion de estas estrellas se ve en la Figura V-20; en ella se indica tambien la posicion del cumulo y la superficie aproximada que

Tabla V-5

Estrellas OB en las cercanías de Ru 55

*	l	b	V_0	$(U-B)_0$	$E(B-V)$	V_0-M_V	Notas
320	248.99	0.18	11.53	-0.80	0.43	13.9	B
346	249.02	0.66	10.61	-0.80	0.30	13.0	fg, A
347	250.00	0.08	10.01	-1.10	1.12	14.2	e, B
349	249.35	0.56	10.10	-1.04	0.91	13.8	B
351	249.89	0.22	8.82	-1.10	1.21	13.0	e, A?
358	249.63	0.60	10.07	-1.10	0.92	14.3	e, B
359	249.96	0.39	11.62	-0.73	0.73	13.5	A?
364	249.83	0.65	10.13	-0.99	0.92	13.5	fg, A
366	250.10	0.52	9.98	-0.94	0.55	13.0	LS 976, A
368	250.37	0.39	10.42	-1.09	1.00	14.5	B
369	251.13	-0.11	11.10	-0.88	0.69	13.9	fg, B
370	249.80	0.82	11.34	-0.70	0.38	12.9	LS 977, A
371	249.76	0.86	11.84	-0.32	0.38	14.8	B9 II
376	250.40	0.50	11.07	-1.01	0.71	14.6	B
379	250.33	0.63	10.71	-0.75	0.79	14.0	e, B
380	250.66	0.45	12.55	-0.93	0.64	15.6	
381	250.68	0.45	11.05	-0.91	0.60	14.0	B?
383	250.53	0.59	11.35	-0.93	0.52	14.4	B
384	250.76	0.48	11.69	-0.81	0.64	14.1	B
385	250.71	0.59	11.68	-0.62	0.36	13.0	A
387	250.58	0.70	10.46	-0.90	0.81	13.4	A
388	250.47	0.81	10.79	-0.76	0.54	12.8	A
390	250.57	0.82	8.44	-1.14	0.77	13.3	A
393	251.65	0.23	10.67	-0.68	0.44	13.5	LS 998, e,
395	251.74	0.20	10.71	-0.86	0.47	13.5	LS 1002, A
970	250.67	-0.13	10.19	-1.10	0.40	14.4	B
993	251.72	0.10	8.79	-1.10	0.77	14.3	e, B
952	248.75	-0.03	10.92	-0.09	0.58	15.2	B?

Tabla V-6

Estrellas de Moffat y Vogt (1975)

*	V_0	$(U-B)_0$	$E(B-V)$	V_0-M_V
29	9.22	-1.03	0.55	12.9
30	9.20	-1.00	0.55	12.7
31	9.10	-1.10	0.60	13.2
32	9.19	-1.16	0.66	14.5
33	10.88	-0.75	0.40	12.7
34	10.34	-1.00	0.48	13.8
35	10.90	-1.02	0.59	14.5
36	11.02	-1.03	0.55	14.7

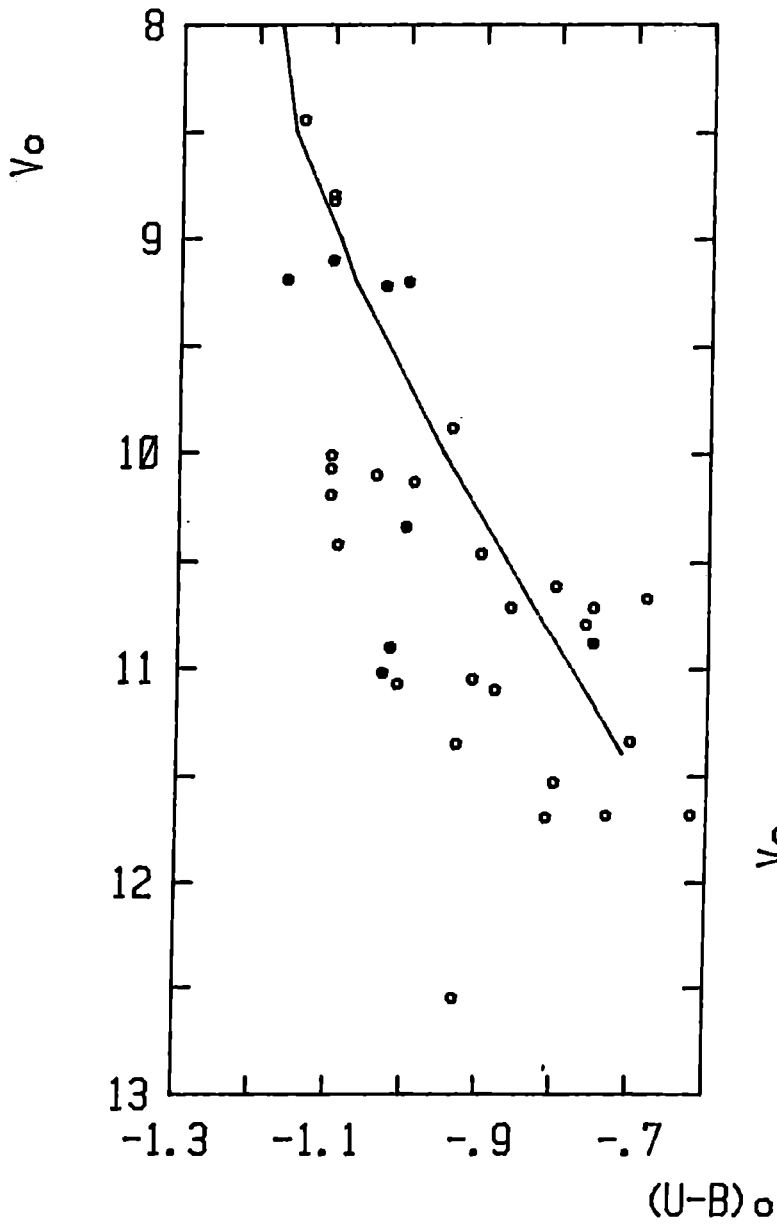


Figura V-22 b

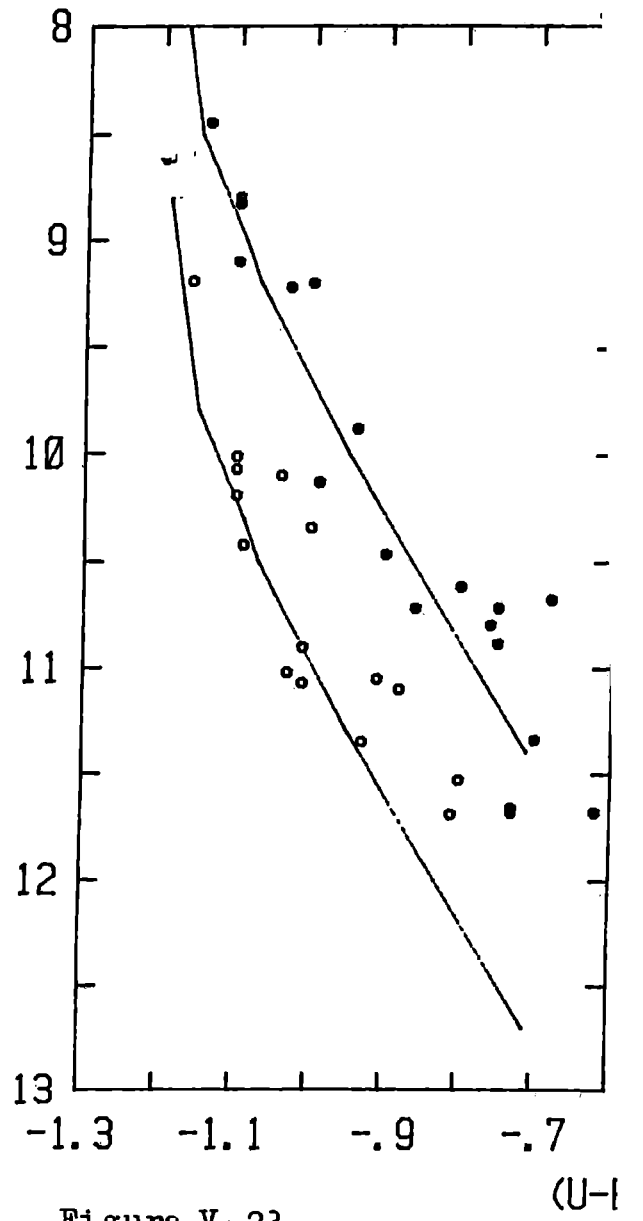


Figura V-23

cubren los estudios citados anteriormente. La línea punteada marca el límite de las placas de prisma objetivo empleadas en la búsqueda de estrellas OB. Se nota en esta figura la presencia de un grupo de estrellas jóvenes, cuya relación con las estrellas del cúmulo se va a analizar.

En la Figura V-21 se ha graficado la distribución de los excesos de color con el módulo de distancia corregido por absorción; de acuerdo con ella, existiría una tendencia de la absorción a aumentar con la distancia, aunque para cada V_0-M_V se da una cierta dispersión de los excesos.

El diagrama V_0 versus $(U-B)_0$ correspondiente a las estrellas de la Tabla V-5 (Figura V-22a) muestra que los valores no se ajustan a una única secuencia principal. Se muestra la ZAMS de Schmidt-Kaler desplazada verticalmente para $V_0-M_V = 14.3$ mag, que parece ajustar los colores de algunas de las estrellas de la zona.

Para ver si existe alguna relación entre estas estrellas y las de estudios anteriores, hemos vuelto a graficar nuestras estrellas junto a las de Moffat y Vogt (1975) en la Figura V-22b; las estrellas de Dodd y Ellery (1980) no se incluyen ya que las observaciones fotográficas corresponden a objetos muy débiles para una fotometría confiable, y las fotoeléctricas indican objetos poco luminosos. En la Figura V-22b, nuestras estrellas aparecen con círculos abiertos y las de Moffat y Vogt con círculos llenos. Tanto las magnitudes como los módulos de distancia de las estrellas de ese trabajo fueron recalculados empleando los parámetros indicados en el Capítulo III. Según se aprecia en la Tabla V-5, las estrellas de Moffat y Vogt (1975) poseen una gran dispersión en

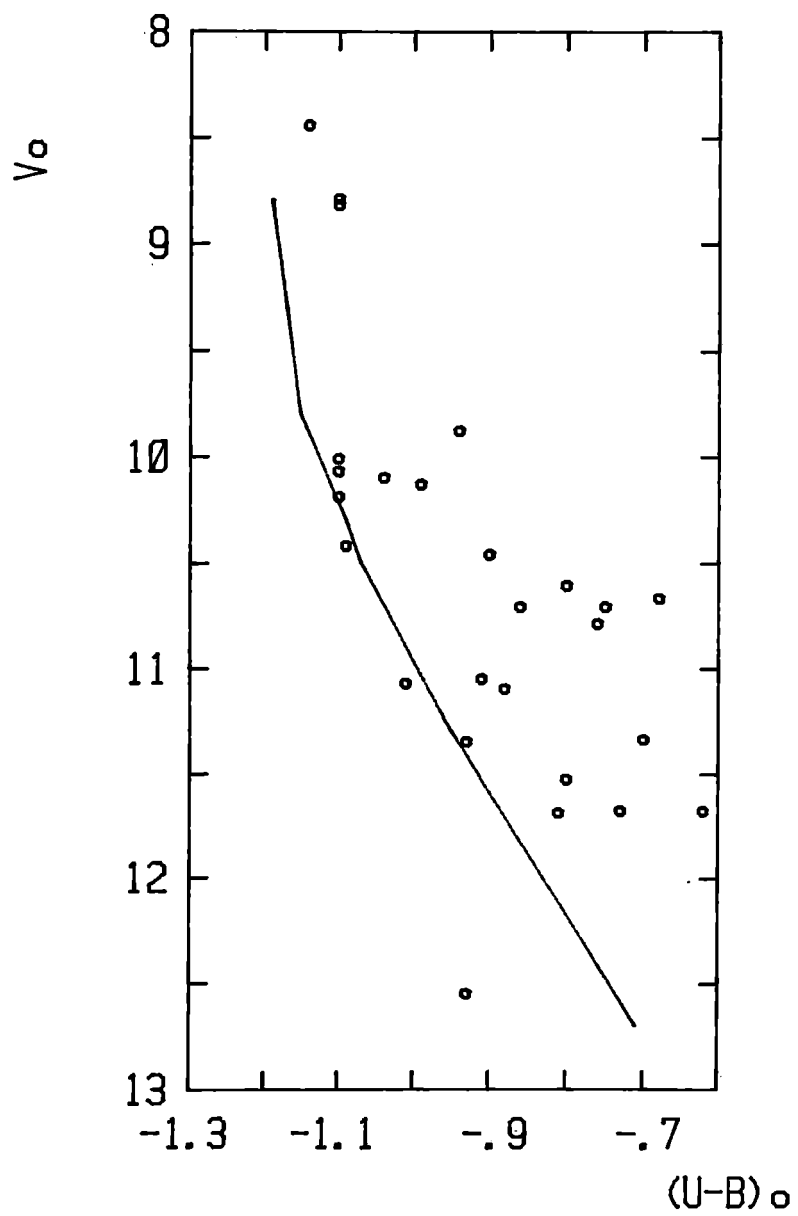


Figura V-22 a

los valores del modulo de distancia.

Se ha graficado la ZAMS de Schmidt-Kaler para $V_0 - M_V = 13.0$, que es la correspondiente a la posición del cúmulo según Fitzgerald et al. varias estrellas de nuestro trabajo se ajustan ahora a esta nueva posición de la ZAMS. De las 7 estrellas que esos autores atribuyen a Ru 55, 3 parecen ubicarse a la misma distancia que nuestras estrellas más alejadas; otras 4 de ellas se sitúan con claridad sobre la relación que corresponde al modulo de 13.0 mag, incluyendo las tres con determinaciones espectroscópicas.

De acuerdo con lo que resulta de la figura anterior en apariencia coexistirían en la misma dirección dos agrupamientos, que se superponen parcialmente: un grupo A con $V_0 - M_V = 13.0$ y $E(B-V) = 0.58 \pm 0.2$ compuesto por las estrellas de Moffat y Vogt (1975) numeradas como 29, 30, 31 y 33, así como por nuestras estrellas números 346, 351, 370, 379, 387 y por LS 976; y un grupo B más alejado, con $V_0 - M_V = 14.3$ y $E(B-V) = 0.66 \pm 0.2$, compuesto por las estrellas 32, 34, 35 y 36 de esos autores, y las estrellas 347, 358, 368, 376, 393 y por LS 970. En la Figura V-21 se muestra los miembros del grupo B con círculos abiertos, y a los miembros del grupo A con círculos llenos. El miembro más joven del grupo A parece ser la estrella no.390, que tiene los colores de una estrella O8; la más temprana del grupo B sería LS 989, con colores de una estrella O5. Por lo tanto ambos agrupamientos parecen ser buenos indicadores espirales, con edades inferiores a los 10 años.

El grupo A muestra una mayor concentración hacia la posición asignada al cúmulo; allí se da una superposición de los miembros de ambos agrupamientos. Con respecto a las estrellas descubiertas por Dodd

y Ellery (1980), tal vez en su mayoría sean miembros del grupo más alejado. En cuanto a la ubicación de ambos grupos dentro de la estructura espiral de la región, tal vez el grupo A se sitúe en la extensión del Brazo de Perseo, mientras que el más alejado se ubicaría en un brazo exterior a él (+II).

6. Distribución de indicadores espirales.

En lo que sigue veremos la forma en que se distribuyen los indicadores en la región, en función de sus módulos de distancia $V_0 - M_v$. Se utilizarán los siguientes símbolos: () estrellas OB con fotometría fotoeléctrica; () estrellas OB con espectros y fotometría fotoeléctrica; () estrellas Be con tipos espectrales () estrellas Be con fotometría fotoeléctrica; (*) regiones H II; (x) cefeidas; (O) cúmulos abiertos jóvenes; (o) asociaciones OB, y () estrellas Wolf-Rayet.

Para analizar la distribución de los indicadores espirales en Puppis, se ha elegido graficar la situación que se presenta en: $V_0 - M_v < 12.0$ (Figura V-24), $12.0 < V_0 - M_v < 13.0$ (Figura V-25); $13.0 < V_0 - M_v < 14.0$ (Figura V-26) y en un último intervalo, $14.0 < V_0 - M_v < 16.0$ (Figura V-27). El primero de los intervalos incluye todos los indicadores hasta 12.0 teniendo en cuenta la poca abundancia de indicadores para distancias inferiores a los 2.5 kpc. El último intervalo cubre un rango mayor en módulo de distancia, debido en parte al bajo número de indicadores a partir de $V_0 - M_v = 14.5$ mag, y también debido a que la indeterminación en las distancias para esos objetos no justifica un

análisis más detallado.

A primera vista surge que desde $l = 242$ hasta aproximadamente $l = 252$ existen indicadores abundantes, independientemente de la distancia que se considere, y para todos los rangos en módulo de distancia; esto podría indicar la presencia de un spur o brazo en esa dirección. Por otro lado, hacia 260 se nota una ausencia de indicadores que podría asociarse con una región interbrazo.

Un análisis más detallado de la situación se hará cuando contemos con información acerca de la absorción interestelar en la región.

7. Estudio de la absorción interestelar.

Uno de los temas de interés cuando se habla de estructura galáctica en la dirección de Puppis lo constituye sin lugar a dudas la discusión sobre una posible ramificación del brazo Local en la dirección $240-250$. Esta idea fue propuesta por Vogt y Moffat en 1975, en un trabajo que significó la coronación de su importante contribución al conocimiento de los parámetros fundamentales de un gran número de cúmulos jóvenes en la Vía Láctea austral.

Desde ese momento ha sido aceptada por algunos y rechazada por otros sobre la base de la distribución espacial de indicadores galácticos, en particular cúmulos jóvenes, regiones H II y estrellas OB individuales.

Un medio para detectar la presencia de polvo interestelar asociado con brazos espirales así como también zonas interbrazo, es a través del

estudio de la distribución de los excesos de color con la distancia al Sol. Con los resultados de esta búsqueda de estrellas OB el número de delineadores espirales en la dirección de Puppis se ha visto aumentado en forma considerable, particularmente en objetos débiles que pueden ser muy distantes y tener fuerte absorción, por lo que tal vez sea posible aportar alguna luz sobre el tema.

Para analizar en detalle la situación, hemos dividido la zona de Puppis en intervalos de 5 de longitud entre 240 y 260, y consideramos otro intervalo más extenso que cubre 10 en el rango 230-240, ya que contamos con pocos indicadores cerca del límite inferior de la zona. En los gráficos del $E(B-V)$ versus V_0-M_V que acompañan el análisis de cada intervalo se incluyen; estrellas OB de Tablas IV-3, IV-5 y IV-6 con tipo espectral MK (), estrellas OB del catálogo con fotometría fotoeléctrica () incluyendo estrellas OB-; estrellas OB con emisión y tipo espectral MK (), y sin tipo espectral (). Además se incluyen cúmulos jóvenes (O), asociaciones R (+), asociaciones OB (o), cefeidas de largo período (x), regiones H II (*) y estrellas Wolf-Rayet ().

230 - 240

Los excesos parecen tener su origen en polvo interestelar situado a distancias menores que 1.5 kpc. Wrandemark (1980) estudiando un grupo de estrellas jóvenes en esta zona encuentra una distancia mínima para el material de aproximadamente 1 kpc.

Existe una gran dispersión en los valores del exceso, que varía entre 0.3 y 0.7 mag.; no hay indicios de nueva presencia de polvo a mayores distancias.

La mayor parte de las estrellas se ubican entre 2 y 4 kpc; un segundo grupo podria situarse mas alla de los 5 kpc, pero se carece de suficientes datos para asegurarlo (Figura V-28).

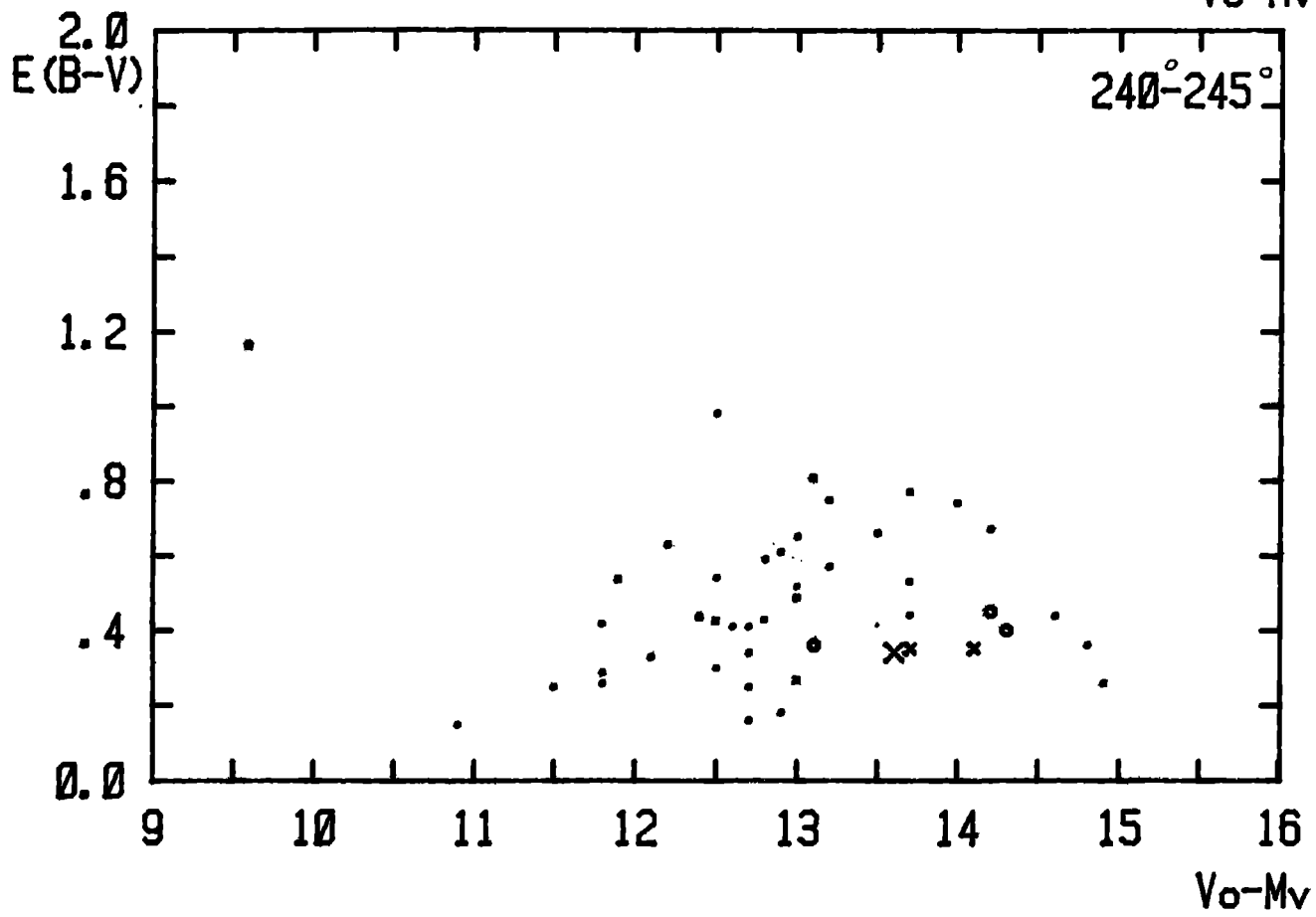
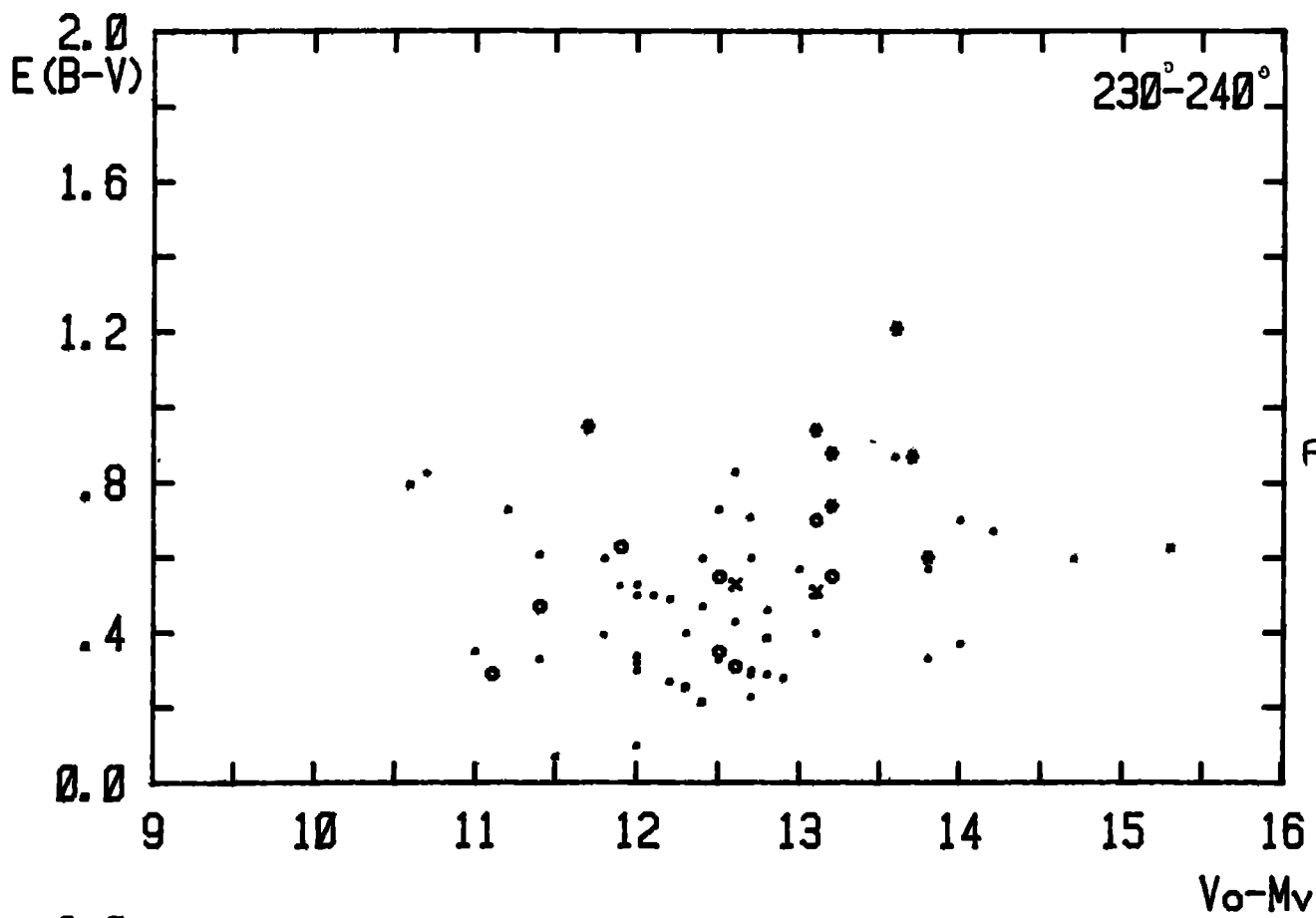
240 - 245

Se nota una ligera tendencia de los excesos a crecer con la distancia al Sol (Figura V-29) aunque existe una gran dispersion en los valores; estos varian entre 0.2 y 0.8 mag. C. Reed y FitzGerald (1984) en su estudio sobre la distribucion de estrellas luminosas en (245,0) encuentran que la mayor parte de la extincion se origina a una distancia de aproximadamente 1 kpc del Sol.

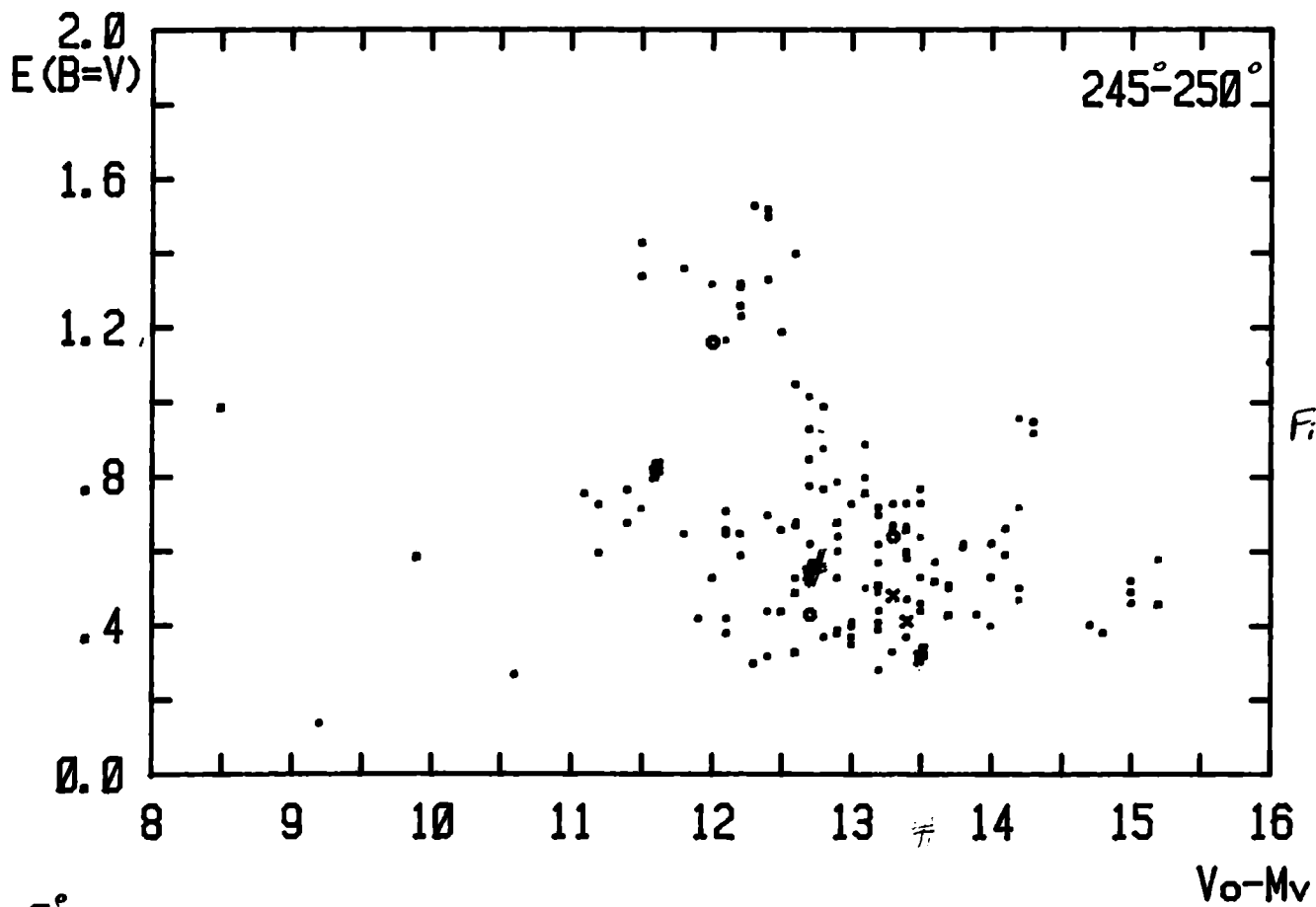
Debido a la baja absorcion se han realizado en esta zona busquedas de galaxias en $l = 245$, cerca del plano galactico. FitzGerald (1974) encuentra 18 galaxias posibles ligeramente al N del plano galactico pero ninguna al S, lo que indica que el plano de absorcion se ubicaria por debajo de latitud 0; por su parte, Kerr y Westerhout (1965) encuentran que el hidrogeno tambien se situa notablemente por debajo del plano para esa longitud galactica.

245 - 250

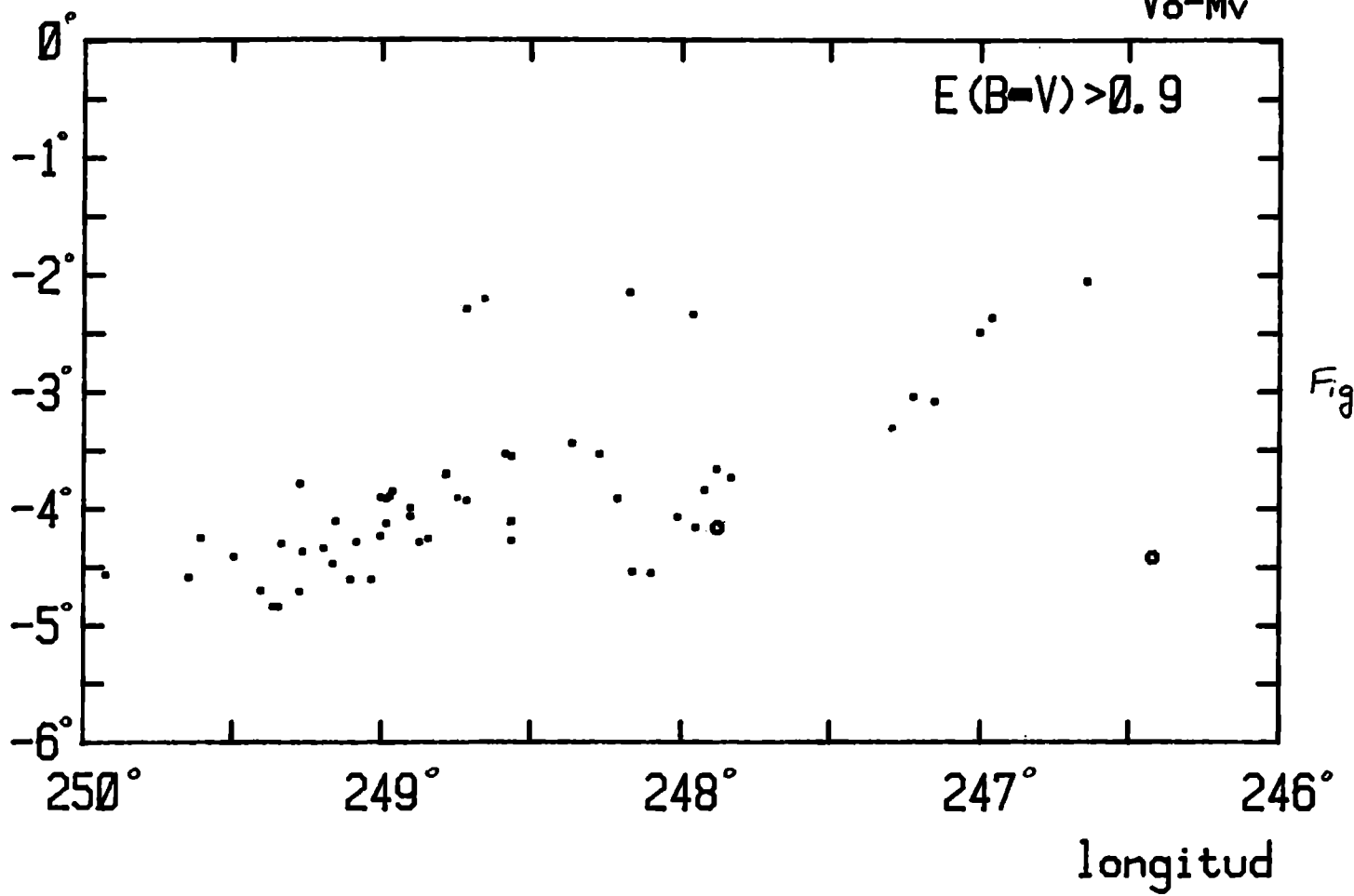
Este intervalo muestra un extraordinario aumento de la absorcion interestelar llegando a valores de hasta 1.7 mag en el $E(B-V)$ (Figura V-30a). Como en el intervalo anterior estos se mantenian por debajo de 0.8 mag y lo mismo sucede en los que siguen, puede pensarse que esa deberia ser la tendencia normal de los excesos en este intervalo y por lo tanto tendríamos que analizar si existe alguna relacion entre las estrellas que presentan excesos superiores a por ejemplo, 0.9



(7)



latitud



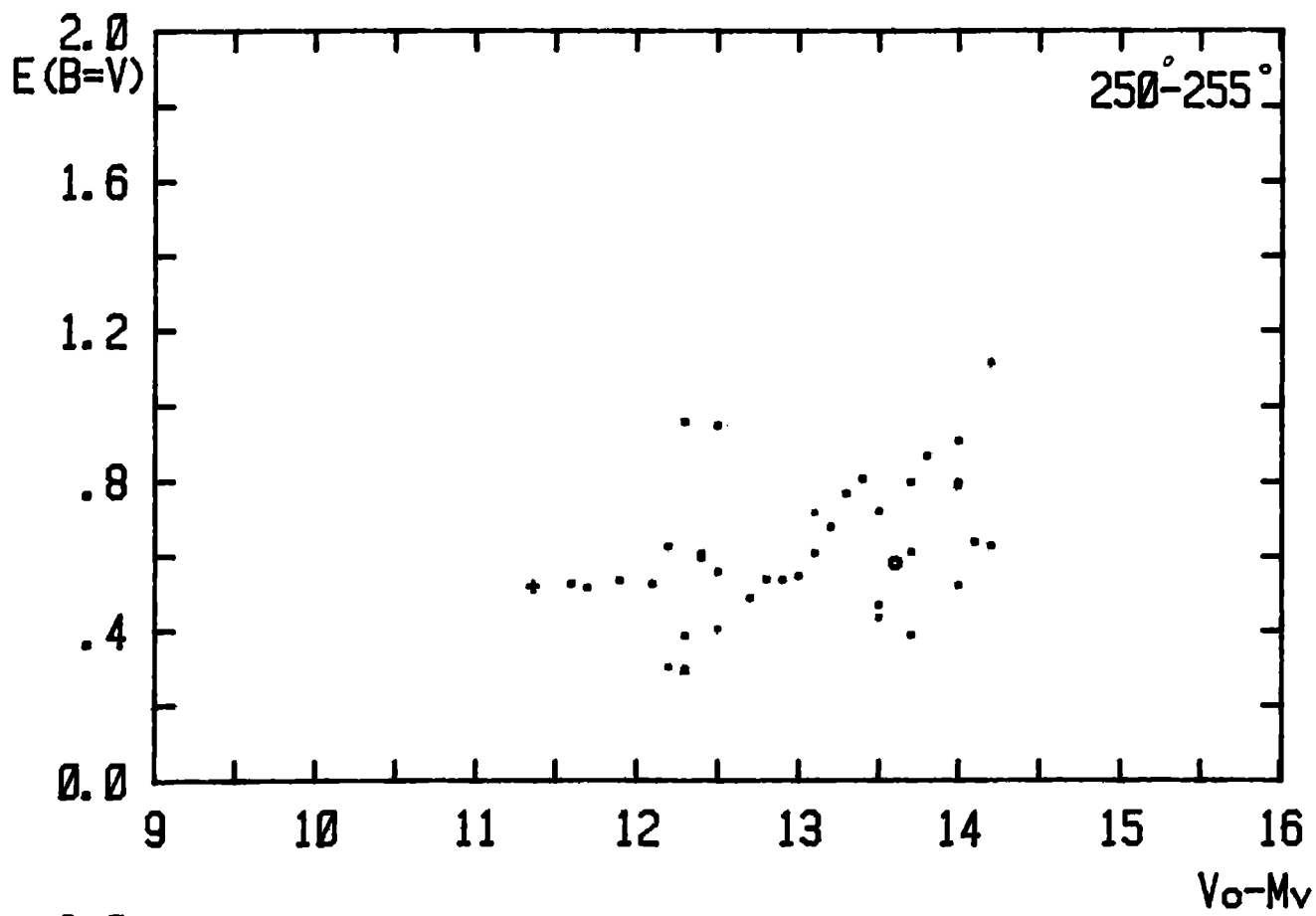


Fig. 5

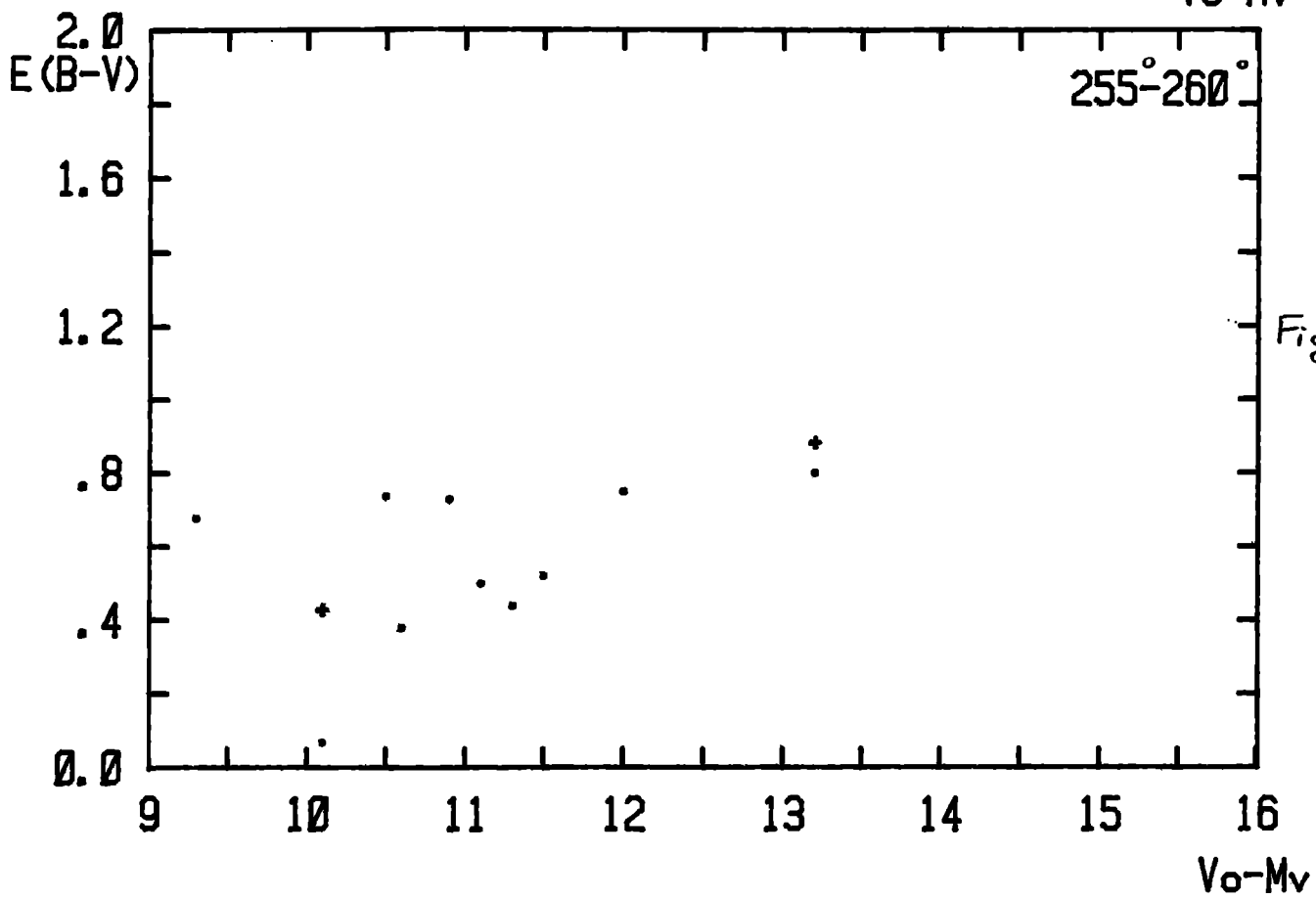


Fig. 6

magnitudes. La Figura V-30b muestra la distribución espacial (l,b) de los objetos de la Fig. V-30a que cumplen tal requisito sobre los excesos. Como se ve, nos encontramos con una zona de fuerte absorción interestelar ubicada a distancia del plano galáctico entre -3 y -5 en latitud, y extendiéndose entre 247 y 250 en longitud, aproximadamente. La gran mayoría de las estrellas OB de esta pequeña región han sido descubiertas en nuestra búsqueda con el prisma delgado.

Feitzinger et al. (1984) y Hartley et al. (1986) han individualizado en placas del POSS un cierto número de nubes oscuras en esta zona, que son igualmente visibles en nuestras placas de prisma delgado. En esta región de alta absorción se ubica el cúmulo Haffner 15 ($247.88, -4.17$) que presenta un $E(B-V)$ de 1.16 mag para una distancia de 2.5 kpc. Cerca de él, NGC 2439 ($246.42, -4.42$) solo sufre un $E(B-V)$ de 0.43 mag a una distancia de 4.4 kpc; Abt, Morgan y Stromgren (1957) señalan que este cúmulo se ubica en un "aparente hueco dentro de una nebulosidad general que parece cubrir grandes áreas del cielo cercano".

Con respecto a los objetos con excesos por debajo de 0.9 mag valen las mismas consideraciones hechas en el intervalo anterior con respecto al rango de variación y tendencia creciente con la distancia al Sol. Se nota además una distribución algo más uniforme de las estrellas jóvenes desde aproximadamente 1.6 kpc hasta 6.8 kpc aproximadamente, con algunos objetos aun más lejos.

250 - 255

Las características principales en este intervalo son la uniformidad en la distribución de las estrellas, ya insinuada en la

seccion anterior, y la clara tendencia de los excesos a aumentar su valor con la distancia al Sol. (Figura V-31).

Los delineadores se ubican desde $V_0-M_V = 10.5$ mag (1,3 kpc) hasta $V_0-M_V = 14.5$ mag, lo que corresponde a una distancia de casi 8 kpc. No pueden aislarse concentraciones, como hicimos en algun intervalo anterior y se confirma la presencia de indicadores con grandes modulos de distancia intrinsecos; los excesos varian entre 0.3 y 1 mag.

Las 5 estrellas del catalogo que presentan alta absorcion respecto a la media de la distribucion de los excesos podrian ser estrellas de alta luminosidad y por lo tanto realmente mas distantes que lo indicado, o encontrarse intrinsecamente enrojecidas o afectadas por absorcion variable.

255-260

Contamos con pocos indicadores en este intervalo; la mayoria proviene de este estudio.

Los excesos son practicamente constantes con la distancia (Figura V-32), tal vez desde $V_0-M_V = 9.3$ mag. (0.7 kpc), tomando valores entre 0.4 y 0.8 mag. No hay indicios de otra nube de polvo y no se detectan indicadores mas alla de una distancia de 4.5 kpc.

De acuerdo con este analisis, nos encontramos con que la absorcion interestelar es relativamente baja en esta region de la Via Lactea, excepto en la zona indicada anteriormente. Vogt y Moffat (1972) observan un lento aumento del enrojecimiento hasta una distancia de 1

kpc provocado por nubes locales de polvo entre 230 y 245, no importa la latitud galáctica.

En cuanto a la existencia de la ramificación del brazo Local, Wrandemark (1980) en su estudio de un área de 12 grados cuadrados centrada en (236, +2) encuentra que la mayor parte de las estrellas más tempranas que B3 y sin emisiones se ubican entre 2.5 y 4.2 kpc, en lo que sería la extensión del brazo de Perseo en el 3 cuadrante y descarta la presencia de la ramificación del brazo Local por cuanto no encuentra un número razonablemente abundante de indicadores entre el Sol y su grupo de estrellas jóvenes. El análisis que resulta de la Figura V-28 coincide con las conclusiones de Wrandemark; sin embargo la situación cambia a partir del intervalo siguiente.

Analizando la distribución en longitud galáctica de los indicadores espirales de las Figuras V-29, V-30a y 31 se encuentra que la mayoría de ellas se concentra en el intervalo 242-252. En ese rango se da el aumento del valor de los excesos a medida que nos alejamos del Sol así como la uniforme distribución de indicadores; por lo tanto la ramificación del brazo Local debería darse en esas longitudes. Mas allá de la intersección de ella con la extensión del brazo de Perseo pareciera existir un considerable número de indicadores, lo que coincide con los resultados de Stetson y FitzGerald (1985), quienes habrían detectado un posible agrupamiento de estrellas OB con $V_0 - M_V = 14.0$ mag (6.3 kpc), en base a una masa de datos fotométricos y espectroscópicos. Como la incerteza de las distancias individuales ronda el 30 % aproximadamente cuando las obtenemos a partir de datos fotométricos, gran parte de las estrellas de nuestra búsqueda que se ubican en el

rango 240-255 mas alla de los 4 kpc podrian pertenecer a dicho agrupamiento. Finalmente, de acuerdo con la Figura V-32, existiria una zona con pocos indicadores mas alla de los 255 que podria ser una zona interbrazo.

CAPITULO VI

Conclusiones

Como resultado de una búsqueda de estrellas OB en placas de prisma objetivo delgado, desarrollada en la región de Puppis de la Vía Láctea austral, se han identificado 397 objetos, desconocidos en una alta proporción. Se considera completo el reconocimiento de estas estrellas hasta aproximadamente $B = 14.5$, con lo cual se ha extendido en más de 2 magnitudes el límite de detección conseguido en la zona con prisma objetivo común.

Por otra parte, el estudio de las más prometedoras de las estrellas aquí descubiertas, así como también de otros objetos ya conocidos con anterioridad, ha resultado en el descubrimiento de un nuevo grupo (Puppis OB4), cuyo núcleo es un probable nuevo cúmulo abierto (La Plata 1), y de un segundo grupo (Puppis OB5) sin núcleo reconocido.

La Plata 1 es un cúmulo muy joven, con edad estimada inferior a 10 años, y se encuentra afectado por una elevada absorción interestelar que alcanza valores de hasta 5 magnitudes; esta situación lo ubica entre los cúmulos conocidos más enrojecidos. Se encuentra en las cercanías de un agrupamiento de 31 estrellas jóvenes (Puppis OB4), algunas de ellas altamente evolucionadas, que se relacionan estrechamente con las características del nuevo cúmulo.

El segundo grupo (Puppis OB5) posee también un elevado número de miembros (45) y su edad es similar a la del agrupamiento anterior. Tanto Puppis OB4 como Puppis OB5 se sitúan bastante por debajo del plano

galactico, en una misma direccion, pero a considerable distancia uno del otro.

Tambien se ha podido mostrar que el cumulo Ruprecht 55 consiste de dos agrupamientos superpuestos a lo largo de la visual, pero al igual que en los casos anteriores, no estan relacionados entre si.

Un estudio acerca de la distribucion de la absorcion interestelar en la direccion de Puppis ha permitido comprobar que el enrojecimiento cerca del plano es relativamente bajo y se origina en la presencia de nubes de polvo interestelar en las vecindades del Sol, confirmando estudios anteriores. Sin embargo, en el intervalo $l = 247$ a 250 y $b = -3$ a -5 existe una zona de alta absorcion, con excesos que superan ampliamente el de zonas cercanas ubicadas a la misma distancia del Sol. En ella se situan Puppis OB4, Puppis OB5 y Haffner 15.

En cuanto al objetivo principal de este trabajo, el analisis de la estructura espiral en Puppis, nuestros resultados quedan sintetizados en las Figuras VI-1a,b, y VI-2a,b. Las dos primeras muestran la distribucion normal al plano galactico de todas las estrellas OB estudiadas en la zona (VI-1a), y de todos los indicadores de brazos espirales de la misma (VI-1b). Si bien puede haber presentes efectos de seleccion, resulta obvio que, a diferencia de otras regiones de la Galaxia, en la region de Puppis los objetos jovenes alcanzan latitudes y alturas muy considerables por debajo del plano galactico. En particular, en el intervalo $245 - 250$ existen varios cumulos y asociaciones muy alejados del plano galactico: Haffner 15 (-182 pc), NGC 2439 (-339 pc), Puppis OB4 y La Plata 1 (-226 pc) y Puppis OB5 (-337 pc). Es probable que esta situacion este vinculada al alabeo ("warp")

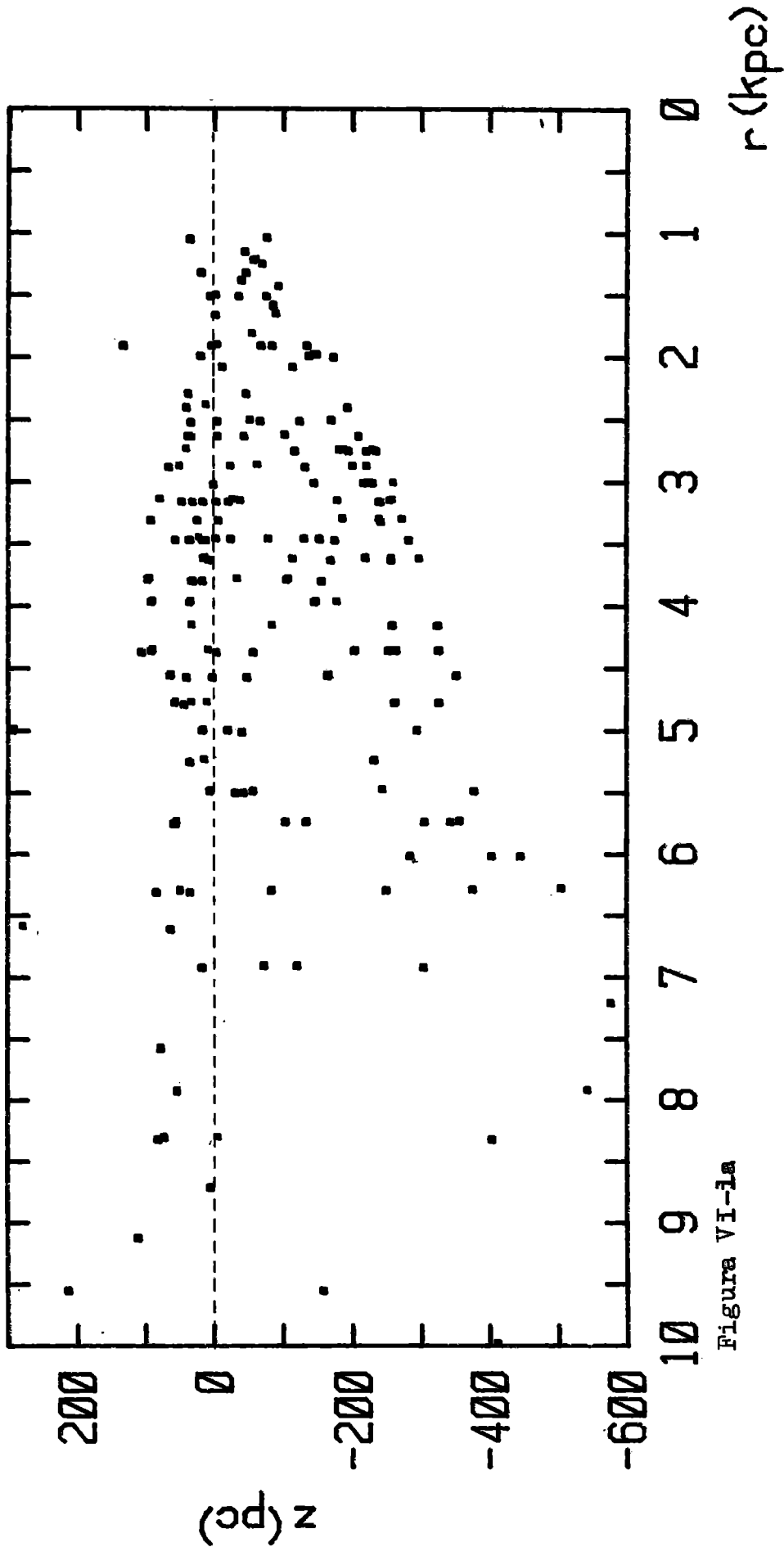


Figura VI-1a

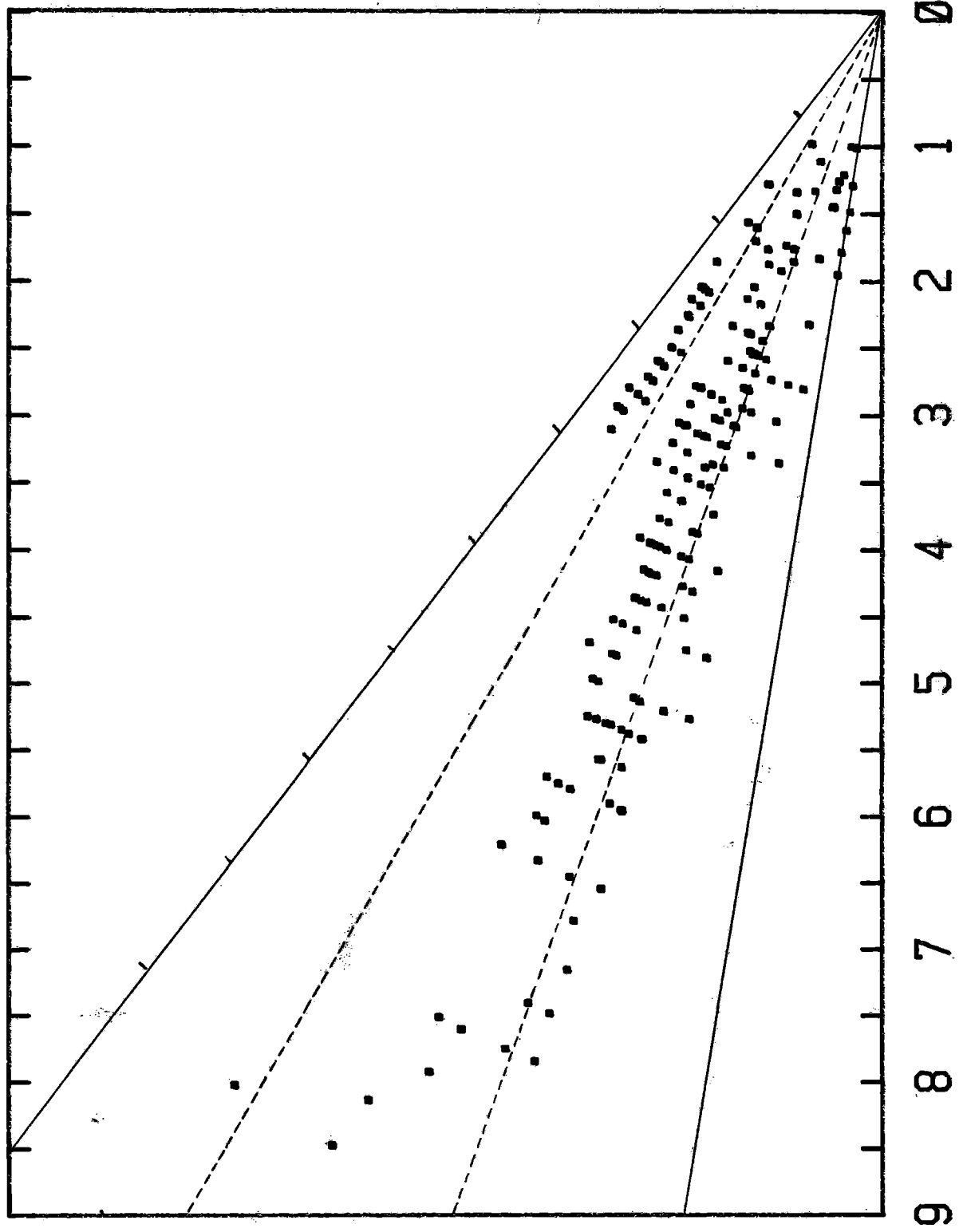
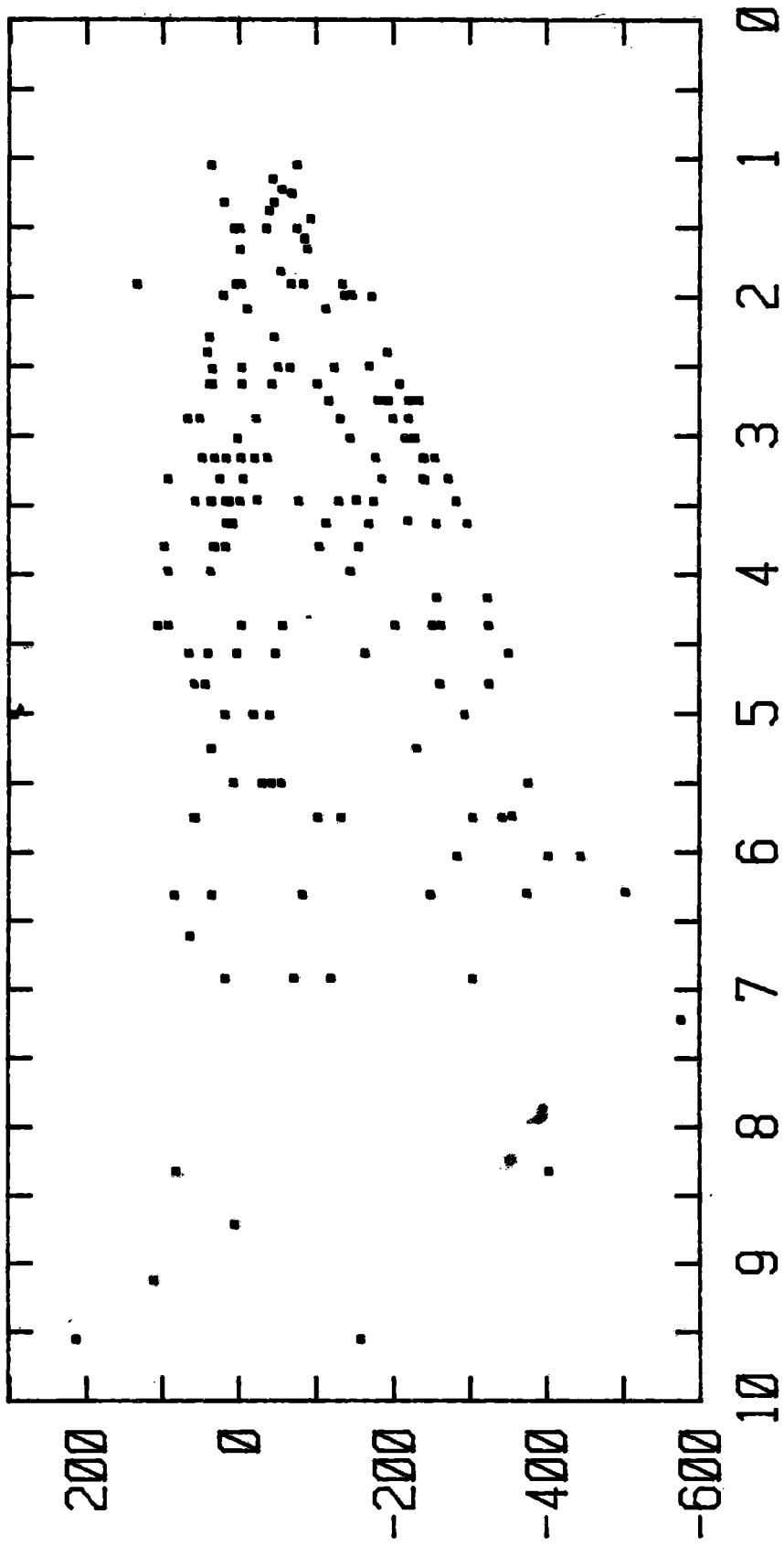


Figura VI-2a

r (kpc)



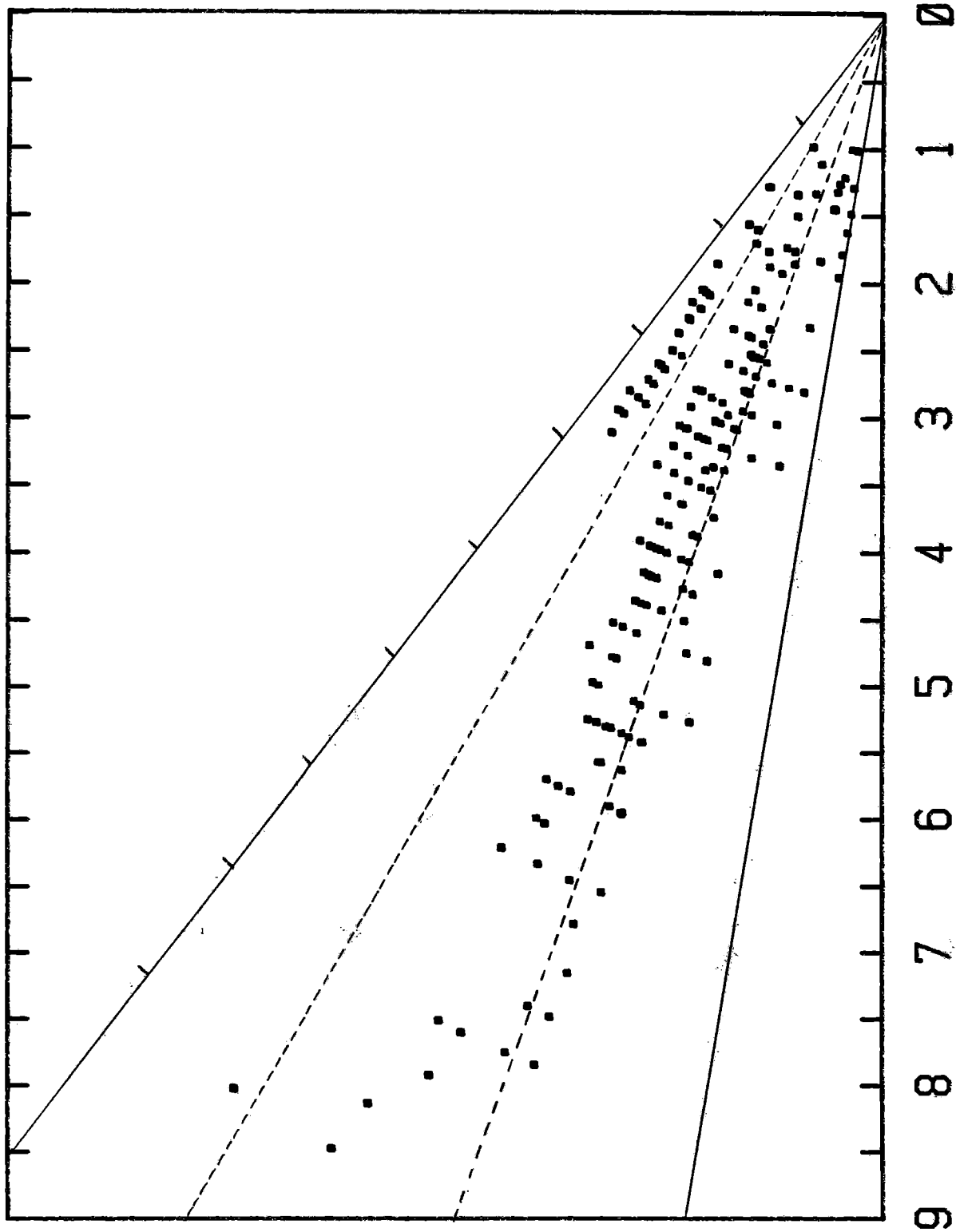


Figura VI-2a

r (kpc)

del plano del hidrogeno neutro, que tiene la misma direccion (Henderson et al. 1979), pero la posible falta de completitud de los estudios opticos no permite, por ahora, un analisis mas detallado.

Las Figuras VI-2a y VI-2b presentan la distribucion en el plano galactico de las estrellas OB y los indicadores opticos, respectivamente. Resulta clara la considerable extension a lo largo de la visual de todos estos objetos, pero no es facil distinguir aqui estructura espiral. Un aspecto significativo es la falta de estrellas OB distantes en la zona de menor longitud galactica cubierta por nuestra busqueda, pero es dificil poder decidir si dicha falta obedece a la presencia de un brazo espiral que se curva en esa zona, o simplemente, a la presencia de fuerte absorcion galactica a partir de unos 3.5 kpc. Los indicadores espirales no muestran este efecto tan claramente, pero, por una parte no es posible establecer para ellos la completitud (al menos relativa) en tanto que nuestra muestra de estrellas OB es ciertamente homogenea; por otra parte, su numero limitado no da claramente la sensacion de continuidad que presenta el grafico correspondiente a las estrellas OB. La principal discrepancia se limita a tres regiones H II: S301, S305 y S309, situadas en el intervalo $l = 231$ a $l = 234$. Segun el catalogo de regiones H II de Fich y Blitz (1984) poseen diametros aproximados de 15, 6 y 19 parsecs respectivamente. Como Rumstay y Kaufman (1984), en su trabajo sobre distribucion de regiones H II en otras galaxias, encuentran que unicamente las regiones H II gigantes estan asociadas con la estructura espiral, tal vez resulte factible que en la region de Puppis estemos observando un brazo espiral (o la prolongacion de un brazo) que se va curvando a medida que nos alejamos del Sol. La existencia de una

prolongacion del brazo Local hacia la direccion de Puppis fue sugerida con anterioridad en distintos trabajos (Vogt y Moffat 1975a; McCarthy y Miller 1974; Havlen 1978; Humphreys 1979, etc.) aunque en base a la identificacion de objetos aislados, que no daban la sensacion de continuidad que aporta la Figura VI-2a. Nuestro estudio ha permitido agregar dos indicadores espirales a distancia intermedia (3-4 kpc): Puppis OB4 y Puppis OB5, que refuerzan el cuadro anterior.

En cuanto al brazo de Perseo, que Henderson et al. (1979) detectan en hidrogeno neutro hasta $l = 250$ la Figura VI-2a pareciera mostrar un incremento en la cantidad de estrellas OB entre 2.5 y 4.3 kpc, que se refuerza algo cuando tomamos en cuenta los otros indicadores de la Figura VI-2b. A esa extension del brazo de Perseo en el 3er. cuadrante pertenecerian: Ha 10 (3.2 kpc), NGC 2414 (4.4kpc) Bo 6 (4.2 kpc), NGC 2384 (3.4 kpc), NGC 2367 (3.1 kpc), Ru 32a (4.2 kpc), y dos pequenos grupos estudiados, uno por Wrandemark (1980) ubicado a una distancia media de 3 kpc, y otro por Havlen (1978), a 4 kpc.

Tambien hemos detectado un grupo a una distancia aproximada de 7 kpc, que junto con otros indicios (por ejemplo Stetson y FitzGerald 1985) sugieren la existencia de estructura espiral lejana, pero la escasez de datos hace muy dudoso el trazado de tal estructura.

REFERENCIAS

- Abt, H., Morgan, C.C. y Stromgren, B. (1957). *Ap. J.* 126, 362.
- Alter, G.; Ruprecht, J. y Vanyseck, V. (1958). *Catalogue Of Star Clusters and Associations*, Akademiai Kiado, Budapest.
- Ambartsumian, V.A. (1949). *Astron. Z.* 26, 3.
- Andersen, J. (1971). *A. A.* 13, 40.
- Argue, A.N. (1960). *Vistas in Astronomy*, 3, 184.
- Bassino, L.P., Dossaunet, V.H., Muzzio, J.C. y Waldhausen, S. (1982). *M.N.R.A.S.* 201, 885.
- Becker, W. (1963). *Z. f. Astrophys.* 57, 117.
- Becker, W. (1964). *Z. f. Astrophys.* 58, 202.
- Becker, W. (1966). *A. J.* 71, 990.
- Blaauw, A. (1963). *Basic Astron. Data*, K. Aa. Strand ed. U. de Chicago, p. 383.
- Blaauw, A. (1964). *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 2, 213.
- Bianco, V.M. (1974). *P.A.S.P.* 86, 841.
- Burns, P.D., FitzGerald, M.P. y Cameron Reed, B. (1984). *M.N.R.A.S.* 206, 327.
- Cameron Reed, B., y FitzGerald, M.P. (1982). *Astron. Astrophys. Suppl.* 49, 521.
- Cameron Reed, B. y FitzGerald, M.P. (1983). *M.N.R.A.S.* 205, 241.
- Cameron Reed, B., y FitzGerald, M.P. (1984). *M.N.R.A.S.* 211, 243.
- Conti, P.S. (1986). *Symposium No. 116*, pg. 199.
- Cousins, A.W.J. (1973). *Mem. Roy. Astr. Soc.* 77, 223.
- Crampton, D. y Georgelin, Y.M. (1975). *A. A.* 40, 317.
- Deutschman, W.A., Davis, R.J., y Schild, R.E. (1976). *Ap. J.* 30, 97.
- Dodd, A.J. y Ellery, L.A. (1980). *M.N.R.A.S.* 193, 895.
- Eggen O. (1971). *Ap. J.* 163, 313.

- Feitzinger, J.V. y Stuwe, J.A. (1984). *Astron. Astrophys. Suppl.* 58, 365.
- Fernie, J.D., y McGonagal, V. (1983). *Ap. J.* 275, 732.
- Fich, M. y Blitz, L. (1984). *Ap. J.* 279, 125.
- FitzGerald, M.P. (1974). *A. A.* 31, 467.
- FitzGerald, M.P., Hurkens, R. y Moffat, A.F.J. (1977). *A. A.* 46, 287.
- FitzGerald, M.P., Luiken, M., Maitzen, H.M., y Moffat, A.F.J. (1979). *Astron. Astrophys. Suppl.* 37, 345.
- FitzGerald, M.P. y Moffat, A.F.J. (1974). *A. J.* 79, 873.
- FitzGerald, M.P. y Moffat, A.F.J. (1975). *Astron. Astrophys. Suppl.* 20, 289.
- FitzGerald, M.P. y Moffat, A.F.J. (1976). *A. A.* 50, 149.
- Forte, J.C. y Orsatti, A.M. (1981). *A. J.* 86, 209.
- Fujimoto, M. y Sofue, Y. (1977). *A. A.* 61, 199.
- Garmany, C.D. (1986). *Symposium No. 116*, pg. 19.
- Garrison R.F., Hiltner W.A., y Schild, R.E. (1977). *Ap. J. Suppl.* 35, 111.
- Georgelin, Y.P. y Georgelin, Y.M. (1970). *A. A.* 6, 349.
- Gonzalez, G., y Gonzalez, G. (1954). *Bol. Obs. Tonantzintla y Tacubaya* 11, 25.
- Gonzalez, G., y Gonzalez, G. (1955). *Bol. Obs. Tonantzintla y Tacubaya* 13, 3.
- Hagen, G. L. (1970). *Pub. David Dunlap Obs.* 4,1.
- Hartley, M., Manchester, R.N., Smith, R.M., Tritton, S.B. y Goss, W.M. (1986). *Astron. Astrophys. Suppl.* 63, 27.
- Hassan, S.M. (1984). in "Astronomy with Schmidt-type telescopes". M. Capaccioli (Ed), pg. 265.
- Havlen, R.J. (1972). *A. A.* 17, 413.

- Havlen, R.J. (1976a). A. A. 47, 193.
- Havlen, R.J. (1976b). A. A. 50, 227.
- Havlen, R.J. (1978). A. A. 64, 295.
- Henderson, A.P., Jackson, P.D. y Kerr, F.J. (1982). Ap. J. 263, 116.
- Henize, K.G. (1976). Ap. J. Suppl. 30, 491.
- Herbst, W. (1975). A. J. 80, 683.
- Hidayat, B.; Supelli, K. y van der Hucht, K.A. (1981). 2nd. Asian-Pacific regional Meeting of the I.A.U., Indonesia; pg. 197.
- Hilditch, R.W. y Dodd, R.J. (1977). M.N.R.A.S. 178, 467.
- Humphreys, R.M. (1975). P.A.S.P. 87, 933.
- Humphreys, R.M. (1976). P.A.S.P. 88, 647.
- Humphreys, R.M. (1978). Ap. J. Suppl. 38, 309.
- Humphreys, R.M. (1979). I.A.U. Symp. No. 84, "The Large Scale Characteristics of the Galaxy", ed. W.B. Burton (Dordrecht, Reidel) p. 93.
- Iriarte, B. y Chavira, E. (1954a). Bol. Obs. Tonant. y Tacubaya 9, 41.
- Iriarte, B., y Chavira, E. (1954b). Bol. Obs. Tonant. y Tacubaya 11, 27.
- Iriarte, B., y Chavira, E. (1955). Bol. Obs. Tonant. y Tacubaya 13, 12.
- Jackson, P.D., FitzGerald, M.P., y Moffat, A.F.J. (1979). A. A. 60, 417.
- Janes, K., Adler, D. (1982). Ap. J. Suppl. 49, 425.
- Johnson, H.L. (1958). Lowell Obs. Bull. 4, 37.
- Kerr, F.J. y Westerhout, G. (1965). en "Galactic Structure", Univ. de Chicago Press, p. 186.
- Klare, G. y Neckel T. (1977). Astron. Astrophys. Suppl. 27, 215.

- Muzzio, J.C., Feinstein, A. y Orsatti, A.M. (1976). P.A.S.P. 88, 526.
- Muzzio, J.C. y Orsatti, A.M. (1977a). A. J. 82, 345.
- Muzzio, J.C. y Orsatti, A.M. (1977b). A. J. 82, 474.
- Nassau, J.J.; Morgan, W.W. (1951b). Ap. J. 113, 141.
- Nordstrom, B. (1975). Astron. Astrophys. Suppl. 21, 193.
- Orsatti, A.M. y Muzzio, J.C. (1980). A. J. 85, 265.
- Peton-Jonas, D. (1981). Astron. Astrophys. Suppl. 45, 193.
- Racine, R. (1968a). A. J. 23, 233.
- Racine, R. (1968b). A. J. 73, 233.
- Racine, R. (1969) A. J. 74, 816.
- Rumstay, K.S. y Kaufman, M. (1983). Ap. J. 274, 611.
- Ruprecht, J. (1966). I.A.U. Trans. 12 B, 354.
- Ruprecht, J., Balazs, B. y White, R.E. (1981). Catalogue of Star Clusters and Associations (Budapest; Akademiai Kiado).
- Schild, R.E. y Romanishin, W. (1976). Ap. J. 204, 493.
- Schild, R.E., Garrison, R.F., y Hiltner, W.A. (1983). Ap. J. Suppl. 51, 321.
- Schmidt, K.H. (1957). Astr. Nachr. 284, 76.
- Schmidt-Kaler, Th. (1961). Z. fur Ap. 53, 1.
- Schmidt-Kaler, Th. (1964a). Z. fur Ap. 58, 217.
- Schmidt-Kaler, Th. (1964b). Veroeff. Astron. Ins. Univ. Bonn, No. 70.
- Schmidt-Kaler, Th. (1983). Landolt-Bornstein New Series VIb/2.
- Slettebak, A. y Stock, J. (1957). Z. fur A. Bd. 42, S.67.
- Smith, L.F. (1973). En Wolf-Rayet and High-Temperature Stars, IAU Symp. No. 49, p. 15.
- Stark, A.A. (1983). in "Kinematics, Dynamics and Structure of the Milky Way" ed. W.I.L. Shuter, (Dordrecht, Reidel), p. 127.

Stephenson, C.B. y Sanduleak, N. (1971). Publ. Warner and Swasey
 Obs. I, No. 1.

Stephenson, C.B. y Sanduleak, N. (1973). Ap. J. 185, 899.

Stephenson, C.B. y Sanduleak, N. (1977). Ap. J. Suppl. 33, 459.

Stetson, P.B., FitzGerald, M.P. (1985). A. J. 90, 1060.

Turner, D.G. (1976b). A. J. 81, 1125.

Turner, D.G. (1977). A. J. 82, 805. (s.2439)

Turner, D.G. (1981). A. J. 86, 222.

van den Bergh, S. (1966). A. J. 71, 990.

van den Bergh, S. (1968). Astrophys. Lett. 2, 71

van den Bergh, S. (1978). A. J. 83, 1174.

van den Bergh, S. y Herbst, W. (1975). A. J. 80, 208.

van den Bergh, S., Younger, P.F., Brosterhus, E.B.F. y Alcaïno, G.
 (1983). Ap. J. Suppl. 53, 765.

Vega, E.I.; Muzzio, J.C. y Feinstein, A. (1986). Rev. Mex. Astron.
 y Astrof. 13, 33.

Vogt, N. y Moffat, A.F.J. (1972). Astron. Astrophys. Suppl. 7,
 133.

Vogt, N. y Moffat, A.F.J. (1975). A. A. 39, 477

Wackerling, L.R. (1970). Mem. Royal Astron. Soc. 73, 153.

Weaver, H. y Williams, D.R.W. (1974). Astron. Astrophys. Suppl. 8,
 1.

Westerlund, B.E. (1963) M.N.R.A.S. 127, 71.

White, S.D.M. (1975). Ap. J. 197, 67.

Wilson, W.F.J. (1970). M. Sc. Thesis, Univ. of Waterloo (Canada).

Wilson, W.F.J. y FitzGerald, M.P. (1972). R.A.S.C. Jour., 66, 254.

Wrandemark, S. (1980). A. A. 86, 64.

Wynn-Williams, C.G. (1969). Ap. L. 3, 195.

Tabla IV-3

Estrellas del catalogo de Heidelberg, con fotometria de Schild et al (1983) espectros de Garrison et al (1977), sin emisiones.

	l	b	V	B-V	U-B	T.E.	(B-V)	U-B)o	Mv	E(B-V)	Vo	Vo-Mv	LS
10	234.13	-3.78	10.45	0.05	-0.66	B2 IV	-0.24	-0.91	-3.1	.29	9.58	12.7	
16	235.65	-4.01	8.74	0.19	-0.70	08 V	-0.32	-1.14	-4.9	.49	7.27	12.2	315
17	235.60	-3.83	9.81	0.06	-0.72	B1 Vn	-0.26	-0.95	-3.2	.32	8.85	12.0	326
19	235.07	-3.44	9.51	0.18	-0.64	B0.5 IIIIn	-0.28	-1.02	-4.7	.46	8.13	12.8	330
20	234.70	-3.06	9.30	0.12	-0.66	B1.5 Vn	-0.23	-0.90	-2.8	.35	8.25	11.0	337
21	234.10	-2.65	10.60	0.05	-0.70	B2 IV:	-0.24	-0.84	-3.1	.29	9.73	12.8	
23	234.94	-2.87	9.78	0.08	-0.64	B1 V	-0.26	-0.95	-3.2	.34	8.76	12.0	
25	235.01	-2.80	9.70	0.04	-0.74	B1 V	-0.26	-0.95	-3.2	.30	8.80	12.0	349
27	239.14	-4.92	9.19	-0.17	-0.77	B2 V	-0.24	-0.84	-2.5	.07	8.98	11.5	
29	237.84	-4.00	8.84	0.35	-0.43	B1 IIIIn	-0.26	-0.97	-4.4	.61	7.01	11.4	360
30	235.37	-2.59	9.27	0.12	-0.67	B0.5 IVIn	-0.28	-1.02	-4.2	.40	8.07	12.3	
32	235.07	-2.32	9.34	0.02	-0.75	B1 IIIIn	-0.26	-0.97	-4.4	.28	8.50	12.9	382
34	235.49	-2.50	8.57	0.02	-0.80	B0.5 IIIIn	-0.27	-1.03	-4.7	.30	7.67	12.7	
35	235.52	-2.49	6.79	0.10	-0.72	B1 Ib-II	-0.23	-0.99	-5.6	.33	5.80	11.4	
36	235.40	-2.40	8.57	0.01	-0.80	B1 IIIIn	-0.26	-0.97	-4.4	.27	7.76	12.2	
43	242.94	-4.65	9.01	-0.01	-0.81	B1 III	-0.26	-0.97	-4.4	.25	8.26	12.7	507
44	242.43	-4.34	9.42	0.26	-0.60	B0.5 IIIInn	-0.28	-1.04	-4.7	.54	7.80	12.5	514
45	242.22	-4.16	9.11	0.11	-0.74	B0 IV	-0.30	-1.08	-4.7	.41	7.88	12.6	514
46	242.66	-4.30	8.15	-0.01	-0.85	09 IV	-0.31	-1.12	-5.2	.30	7.25	12.5	528
47	242.41	-4.03	8.41	0.31	-0.59	09 Ib	-0.28	-1.13	-6.2	.59	6.64	12.8	538
52	240.42	-2.18	6.82	-0.09	-0.76	B2 III	-0.24	-0.91	-3.9	.15	6.37	10.3	
58	245.94	-4.56	8.40	0.19	-0.57	B2 II	-0.23	-0.92	-4.8	.42	7.14	11.9	627
61	246.20	-4.52	8.99	0.09	-0.74	B0.5 IV	-0.29	-1.02	-4.2	.38	7.85	12.1	643
62	246.66	-4.57	9.44	0.18	-0.59	B2 II	-0.23	-0.92	-4.8	.41	8.21	13.0	668
63	247.31	-4.84	7.69	0.46	-0.28	B3 Iab	-0.13	-0.83	-6.3	.59	5.92	12.2	675
72	248.10	-4.55	8.91	1.10	0.22	B3 Ia	-0.12	-0.85	-7.0	.23	5.25	12.2	719
78	242.46	-0.94	9.13	-0.05	-0.91	06 V((f))	-0.31	-1.16	-6.6	.26	8.35	14.9	742
80	243.24	-1.13	10.01	0.05	-0.66	B2.5 IV	-0.24	-0.74	-2.7	.29	9.14	11.8	
82	242.92	-0.92	9.93	0.07	-0.70	B1 V	-0.26	-0.95	-3.2	.33	8.94	12.1	
83	243.84	-1.38	9.27	0.47	-0.37	B2 Ib	-0.18	-0.92	-5.7	.65	7.32	13.0	778
87	241.62	0.27	10.30	-0.06	-0.72	B2 IV	-0.24	-0.84	-3.1	.18	9.76	12.9	
91	242.75	0.23	8.51	-0.10	-0.45	B1.5 V	-0.25	-0.89	-2.8	.15	8.06	10.9	
92	242.82	0.29	10.15	0.06	-0.75	B0.5 Vn	-0.28	-1.02	-3.6	.34	9.13	12.7	821
94	242.55	0.58	9.79	0.01	-0.56	B2 Vn	-0.24	-0.84	-2.5	.25	9.04	11.5	
96	241.97	0.95	9.72	-0.06	-0.74	B2.5 III	-0.22	-0.77	-3.5	.16	9.24	12.7	
100	243.82	0.15	9.64	0.36	-0.55	06.5 IIIIf	-0.31	-1.16	-6.6	.67	7.63	14.2	840
101	243.13	0.70	9.38	0.05	-0.84	04 V((f))	-0.31	-1.16	-6.5	.36	8.30	14.8	846
103	251.48	-4.15	5.45	-0.18	-0.74	B2.5 IV	-0.22	-0.78	-2.7	.04	5.33	8.0	
105	242.51	2.22	7.66	0.00	-0.78	B1 II-III	-0.26	-0.98	-4.9	.26	6.88	11.8	861
110	248.66	-1.51	9.16	0.24	-0.60	B1 II:	-0.24	-1.00	-5.4	.50	7.86	13.1	893
114	245.52	1.40	10.11	0.04	-0.73	B2 IIIIn	-0.24	-0.91	-3.9	.28	9.27	13.2	
116	247.99	0.13	10.05	0.13	-0.56	B2 IIIp	-0.24	-0.91	-3.9	.37	8.94	12.8	938
117	248.43	-0.16	7.66	-0.08	-0.62	B2.5 Vn	-0.22	-0.78	-2.0	.14	7.24	9.2	
119	250.08	-1.18	7.34	-0.12	-0.67	B2 V	-0.24	-0.84	-2.5	.12	6.98	9.5	
134	255.07	-2.82	9.66	0.27	-0.49	B2 IV-V	-0.24	-0.84	-2.8	.51	8.13	10.9	
138	254.46	-2.01	6.44	-0.01	-0.86	09.5 II	-0.30	-1.10	-5.8	.29	5.57	11.4	983
140	254.61	-1.97	8.20	0.01	-0.77	B1 V	-0.26	-0.95	-3.2	.27	7.39	10.6	
141	250.64	0.77	8.56	0.39	-0.42	B3 Ia	-0.13	-0.85	-7.0	.52	7.00	14.0	987
142	256.12	-2.87	9.27	0.45	-0.48	08.5 III	-0.31	-1.12	-5.7	.76	6.99	12.7	990
143	254.37	-1.61	6.52	-0.08	-0.89	B0.5 III	-0.28	-1.02	-4.8	.20	5.92	10.7	996
146	250.52	1.36	6.06	-0.16	-0.75	B1.5 V	-0.25	-0.90	-2.8	.09	5.79	8.6	
147	254.50	-1.32	7.13	-0.10	-0.92	B0.5 IVnn	-0.28	-1.02	-4.3	.18	6.59	10.9	1014
151	253.64	-0.45	9.17	0.42	-0.52	09.5 IV	-0.30	-1.10	-5.0	.72	8.45	13.5	1020
156	253.62	-0.31	8.78	0.30	-0.62	07 III(f)	-0.31	-1.14	-6.7	.61	6.95	13.7	1022
159	259.50	-3.91	7.16	0.30	-0.55	B0.7 Ib	-0.22	-1.07	-5.9	.52	5.60	11.5	1034
163	254.41	-0.04	9.17	0.26	-0.65	09.5 IV	-0.30	-1.12	-5.0	.56	7.49	12.5	
174	255.77	1.00	8.77	0.16	-0.68	B1 IIIIn	-0.26	-0.97	-4.4	.42	7.51	11.9	
189	257.87	0.98	6.47	-0.16	-0.67	B2.5 V	-0.22	-0.79	-2.0	.06	6.29	8.3	
196	258.14	1.94	7.19	-0.17	-0.80	B2 IV	-0.24	-0.84	-3.1	.07	6.98	10.1	
197	259.65	0.83	8.94	0.14	-0.56	B2 IV-V	-0.24	-0.84	-2.8	.38	7.80	10.6	

Tabla IV-4

Estrellas del catalogo de Heidelberg, con fotometria de Klare Neckel 1977) sin emisiones.

	l	b	V	(B-V)	(U-B)	(B-V) ₀	(U-B) ₀	M _v	E(B-V)	V ₀	V ₀ -M _v	LS
65	247.35	-4.74	10.14	0.35	-0.59	-0.30	-1.08	-4.0	.65	8.19	12.2	679
93	242.29	0.68	10.25	-0.06	-0.69	-0.23	-0.82	-2.5	.17	9.74	12.2	
97	244.19	-0.30	10.29	0.32	-0.50	-0.26	-0.93	-3.1	.58	8.56	11.6	
104	244.63	0.26	10.31	0.14	-0.73	-0.29	-1.05	-3.8	.43	9.02	12.8	859;
109	246.08	-0.09	10.21	0.41	-0.44	-0.26	-0.94	-3.2	.68	8.20	11.4	
111	243.98	1.47	10.69	0.31	-0.63	-0.30	-1.09	-4.1	.61	8.86	12.9	896
118	248.63	-0.29	10.97	0.08	-0.56	-0.22	-0.78	-2.2	.30	10.06	12.3	
121	246.34	1.33	9.97	0.10	-0.80	-0.30	-1.10	-4.2	.40	8.77	13.0	942
126	251.91	-1.87	9.87	0.48	-0.28	-0.23	-0.82	-2.5	.71	7.74	10.2	
129	256.21	-4.16	9.45	0.41	-0.35	-0.24	-0.84	-2.6	.65	7.50	10.1	
131	247.16	1.79	10.79	0.05	-0.77	-0.28	-1.01	-3.5	.33	9.81	13.3	965
136	255.62	-3.12	9.72	0.49	-0.35	-0.25	-0.92	-3.0	.74	7.50	10.5	
137	257.33	-4.12	10.91	0.20	-0.41	-0.20	-0.73	-1.7	.44	9.68	11.3	
152	257.06	-2.76	9.82	0.48	-0.18	-0.20	-0.69	-1.5	.68	7.78	9.3	
162	254.38	-0.07	10.19	0.29	-0.68	-0.32	-1.13	-4.7	.61	8.36	13.1	
164	259.98	-3.83	9.93	0.48	-0.58	-0.32	-1.19	-5.7	.80	7.53	13.2	1043
165	259.78	-3.06	10.11	0.27	-0.45	-0.23	-0.83	-2.5	.50	8.61	11.1	
171	257.31	-0.45	9.97	0.44	-0.54	-0.31	-1.10	-4.3	.75	7.72	12.0	1062
175	259.68	-1.71	10.33	0.43	-0.41	-0.26	-0.93	-3.0	.69	8.26	11.3	1072
191	259.95	-0.05	9.92	0.47	-0.39	-0.26	-0.94	-3.1	.73	7.73	10.9	1097