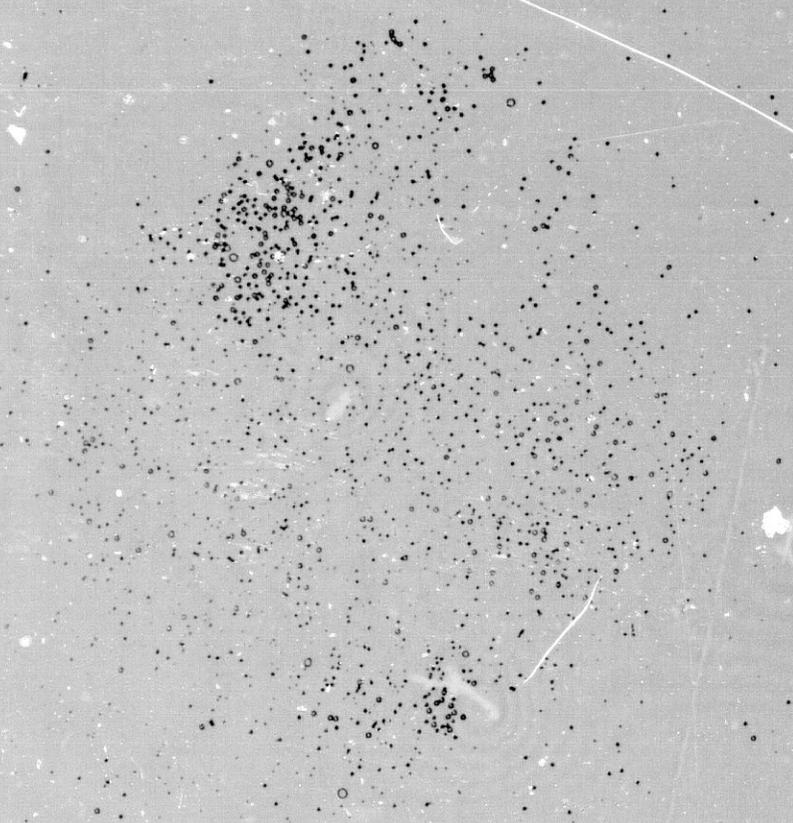


UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS — SECCION DE FISICAS

INSTITUTO DE ASTROFISICA DE ANDALUCIA
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS



FORMACION ESTELAR EN
GALAXIAS IRREGULARES ENANAS PROXIMAS

TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR
ANTONIO APARICIO JUAN
GRANADA 1988

SECRETARIA

INSCRIPCION PARA EL GRADO DE DOCTOR

Curso 19 87 a 1988

D. ANTONIO APARICIO JUAN

natural de GRANADA provincia de

idem. _____ de 28 años de edad, ha satis-

fecho los derechos correspondientes para el Grado de Doctor y en virtud de lo que resulta de su expediente académico, el Ilmo. Sr. Decano le ha admitido al ejercicio del mencionado grado, pudiendo con esta papeleta, y previa citación, presentarse ante el Tribunal examinador.

Para la identificación personal, el alumno exhibirá la **CARTA DE IDENTIDAD ESCOLAR.**

Granada 19 de Mayo de 19 88

El Secretario de la Facultad,



INSTITUTO DE ASTROFISICA DE ANDALUCIA
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

FORMACION ESTELAR EN
GALAXIAS IRREGULARES ENANAS PROXIMAS

ANTONIO APARICIO JUAN

Tesis Doctoral

UNIVERSIDAD DE GRANADA

1988

**FORMACION ESTELAR EN
GALAXIAS IRREGULARES ENANAS PROXIMAS**

Visado en Granada a
19 de Mayo de 1988

Directores de la Tesis:

Dr. José María Quintana González
Profesor de Investigación
del C.S.I.C.

Dr. José Manuel García-Pelayo Echevarría
Investigador Científico
del C.S.I.C.

Profesor Ponente:

Dr. Eduardo Battaner López
Profesor Titular de Física Moderna
de la Universidad de Granada

Memoria presentada por
Antonio Aparicio Juan
Licenciado en Ciencias Físicas
para optar al grado de
DOCTOR EN CIENCIAS (SECCION DE FISICAS)

Granada, a 19 de Mayo de 1988

Agradecimientos

Esta tesis ha sido llevada a cabo en el *Instituto de Astrofísica de Andalucía*, de cuyos miembros he recibido siempre ayuda y amistad.

En particular quiero manifestar mi especial agradecimiento

A mis directores, José María Quintana González, del que he recibido buenos consejos y José Manuel García-Pelayo Echevarría, que me ha enseñado a trabajar en Astronomía y sin los cuales esta tesis no hubiera podido llevarse a cabo.

A Mariano Moles Villamate, que me ha brindado la oportunidad de trabajar activamente en colaboración suya y al que debo una buena parte de las orientaciones que he necesitado para la elaboración de esta tesis.

A Jorge Melnick Israel, con quien hice mis observaciones fotométricas en Chile y de quien he recibido varios comentarios de gran utilidad.

A José Maza Sancho, que me ha dado su amistad y ayuda incondicional.

Al ponente de esta tesis, Eduardo Battaner López, que fue mi primer profesor de Astronomía.

A José María Torrelles Arnedo, por sus discusiones acerca de los datos de radio que aquí se presentan para Sextans A.

A Ascensión del Olmo Orozco y Jaime David Perea Duarte, que me han permitido utilizar sus extraordinarios programas de ordenador.

A Josefa Masegosa Gallego, por sus discusiones acerca de los datos espectrofotométricos.

Los datos de radio de Sextans A que aquí se discuten fueron tomados en una campaña de observación en el *Very Large Array* (dependiente del *National Radio Astronomy Observatory*, Socorro, Nuevo México), en común con el Dr. E. Skillman, de la *Netherlands Foundation for Radio Astronomy*, que llevó a cabo la observación y reducción de los mismos, el Dr. R. Terlevich, del *Royal Greenwich Observatory* y el Dr. H. van Woerden del *Kapteyn Laboratory*. Les quedo agradecido por facilitarme dichos datos.

El resto de las observaciones necesarias para la elaboración de esta tesis fueron llevadas a cabo con el telescopio de 4 m del *Cerro Tololo Interamerican Observatory*, dependiente de la *Asotiation of Universities for Research in Astronomy*, en Chile y el telescopio *Isaac Newton* de 2.5 m del *Observatorio del Roque de los Muchachos*, dependiente del *Royal Greenwich Observatory* y del *Instituto de Astrofísica de Canarias*, en La Palma.

Los paquetes de programas utilizados fueron el *Mountain Photometry* del *Cerro Tololo Interamerican Observatory*, para el tratamiento inicial de las imágenes CCD; el *DAOPHOT*, desarrollado por el Dr. P. Stetson de la *University of Toronto*, para la obtención de flujos estelares de las imágenes CCD; el programa de reducción fotométrica desarrollado por el Dr. J. M. García-Pelayo del *Instituto de Astrofísica de Andalucía*, para la obtención de magnitudes estelares; el *SPICA*, del *Rutherford Appleton Laboratory*, para la reducción de espectros bidimensionales; el *ALICE*, desarrollado por el Dr. J. Melnick del *European Southern Observatory*, para la obtención de los flujos de líneas de emisión y el *SIPL*, desarrollado por el Dr. J. Perea del *Instituto de Astrofísica de Andalucía*, para representación gráfica y gestión de ficheros de datos.

*A mis padres,
que me compraron mi primer libro de Astronomía.*

A Hugo.

*A M. Cruz,
sin la que nada sería posible.*

...Así pues, si alguien los juzga superfluos, inútiles y ociosos para el mundo, que le ponga pleito a la naturaleza [...], que no a mí que nada tengo que ver con ello ni hasta ahora he pretendido otra cosa que mostrar que están en el cielo y que giran con movimientos propios [...].

Galileo, acerca de los satélites de Júpiter.

Roma, 21 de Mayo de 1611.

INDICE

INTRODUCCION	11
--------------------	----

PARTE I. ESPECTROFOTOMETRIA

1. GR 8	22
1.1. Introducción	23
1.2. Observaciones y reducción de datos	25
1.3. Resultados y discusión	27
1.4. Conclusiones	43
2. SEXTANS B	44
2.1. Introducción	45
2.2. Observaciones y reducción de datos	46
2.3. Resultados y discusión	47
2.4. Conclusiones	52

PARTE II. FOTOMETRIA

3. SEXTANS A	54
3.1. Introducción	55
3.2. Observaciones, reducción de datos y resultados	57
3.3. Diagramas Color-Color y Color-Magnitud	69
3.4. Módulo de distancia	74
3.5. Distribución espacial de estrellas brillantes	80
3.6. Observaciones en radio	86
3.7. Conclusiones	87

4. GR 8	88
4.1. Introducción	89
4.2. Observaciones, reducción de datos y resultados	91
4.3. Diagramas Color-Color y Color-Magnitud	97
4.4. Módulo de distancia	100
4.5. Conclusiones	103
5. DDO 187	104
5.1. Introducción	105
5.2. Observaciones, reducción de datos y resultados	107
5.3. Diagrama Color-Magnitud	109
5.4. Módulo de distancia	111
5.5. Discusión y conclusiones	113
6. FUNCIONES DE LUMINOSIDAD	114
6.1. Introducción	115
6.2. Función de luminosidad de Sextans A	116
6.3. Función de luminosidad de GR 8	119
6.4. Función de luminosidad de DDO 187	120
6.5. Discusión y conclusiones	121
7. FORMACION ESTELAR	124
7.1. Introducción	125
7.2. Generalidades sobre la obtención de la función inicial de masas	126
7.3. Formación estelar en Sextans A	128
7.4. Formación estelar en GR 8	131
7.5. Formación estelar en DDO 187	135
7.6. Discusión	139

CONCLUSIONES	147
BIBLIOGRAFIA	152
APENDICES	160
Apéndice 1. La Función Inicial de Masas	161
Apéndice 2. Cartas de identificación y tablas de fotometría ...	168

INTRODUCCION

La idea de un Universo poblado de galaxias fue ya objeto de especulación durante el siglo XVIII a cargo de filósofos como Immanuel Kant, que en 1755 introdujo y discutió la hipótesis de los *Universos Isla* desde una base puramente filosófica, en contraposición a la idea de un Universo enteramente constituido por estrellas integradas en un único sistema: la Galaxia. Sin embargo, la falta de datos observacionales retrasó la consolidación de la teoría de los *Universos Isla* o galaxias exteriores a la Vía Láctea hasta bien entrado el siglo XX, en que, tras una larga controversia, Hubble aportó la prueba definitiva cuando descubrió y analizó estrellas cefeidas en M31, M33 y NGC 6822 (véase Hubble, 1925a y b).

Aunque no es fácil dar una definición taxativa de qué son las galaxias, sí parece claro que, en general, contienen estrellas, gas y polvo. Se puede añadir, asimismo, la condición de que tengan entidad dinámica propia, lo que excluye otros objetos que, como las regiones HII, son sólo componentes de galaxias. Sin embargo, esta condición no individualiza los miembros de pares y grupos en interacción fuerte. Hubble (1926) dice: "...las nebulosas extragalácticas ... son actualmente reconocidas como sistemas completos en sí mismos y a menudo incorporan nubes de nebulosidad galáctica como partes componentes de su organización". Por su parte, Sandage (1961): "Las galaxias son los mayores agregados simples de estrellas en el Universo" y agrega: "...cada galaxia es un sistema estelar semejante a nuestra Vía Láctea y aislado de sus vecinos por espacio casi vacío".

De hecho, una galaxia tiene su propia historia generada por el nacimiento, evolución y muerte de las estrellas que la componen, que a su vez están determinados por las condiciones iniciales de formación de la propia galaxia y por las condiciones del entorno de la misma. La interrelación entre su dinámica interna,

las influencias externas y los equilibrios entre sus componentes (estrellas, gas y polvo) determinan su evolución y permiten definirla y clasificarla.

Una descripción detallada de los diferentes sistemas de clasificación de galaxias que han sido elaborados desde que Sir William Herschell hiciera las primeras tentativas de diferenciación morfológica de objetos no estelares, es algo que excede de los límites e intenciones de esta introducción (vease al respecto, Sandage, 1975 y referencias allí citadas). Sin embargo, merece la pena hacer algunos comentarios para centrar adecuadamente a los objetos de estudio de esta tesis: las galaxias irregulares enanas. Además, la catalogación y clasificación morfológica, que constituye el primer paso en el desarrollo de muchas ciencias, han sido durante años los únicos frutos del estudio de las galaxias.

Resulta obvio que las primeras galaxias vistas por el hombre, aún sin referencia escrita que lo atestigüe, fueron las Nubes de Magallanes, que Hubble considera como los ejemplos más conspicuos de irregulares al desarrollar su esquema de clasificación (Hubble, 1926). El primero en utilizar el término *nebulosa irregular* fue Sir John Herschel (1847). Sin embargo bajo esta denominación quedaron incluidos mayormente objetos galácticos y fue Hubble (1926) quien, una vez establecida la naturaleza extragaláctica de ciertas nebulosas, definió en su clasificación a las galaxias irregulares, en contraposición a las regulares (a su vez subdivididas en espirales y elípticas), como aquellas carentes tanto de núcleo como de simetría rotacional. Su aspecto morfológico era descrito por Hubble del siguiente modo: "...unas pocas estrellas individuales emergen de un fondo no resuelto y algunas manchas ocasionales y aisladas dan un espectro de emisión característico de nebulosas difusas...". Posteriores clasificaciones, como las de Holmberg (1958), de Vaucouleurs (1959) o Sandage (1961), subdividen a las galaxias irregulares en dos grupos principales: magallánicas (IrrI, Im), que se asemejan a las Nubes de Magallanes y peculiares (IrrII). De cualquier modo, la clase de las galaxias irregulares

está vagamente determinada y galaxias que fueron consideradas como Irr por Hubble o IrrI por Holmberg, son en realidad sistemas espirales tardíos. Este es el caso de la propia Nube Grande de Magallanes, cuya estructura espiral fue determinada de manera definitiva por de Vaucouleurs (1954 y 1955).

El problema reside en que son muchas las causas que pueden dar a una galaxia apariencia irregular. Cabe citar, entre ellas, las siguientes (vease Gallagher y Hunter, 1984):

1. Situaciones de desequilibrio en la distribución de masas proyectada, que pueden permanecer durante periodos de tiempo superiores a una revolución de la galaxia.

2. Distribuciones peculiares de gas interestelar, que pueden oscurecer de forma irregular el sustrato luminoso de la galaxia.

3. Interacción entre dos galaxias, que afecta tanto por las deformaciones en la apariencia y dinámica de cada una de las componentes como por la inducción a formación estelar asimétrica a que puede dar lugar.

4. Formación estelar más o menos intensa en una determinada región, que suele producirse en forma de asociaciones OB. Esta es una importante causa de irregularidad en galaxias de bajo brillo superficial que, generalmente, son enanas con un bajo contenido en estrellas no resueltas.

Además del bajo brillo superficial que afecta de manera general a las irregulares enanas de tipo I*, las galaxias irregulares son normalmente sistemas más pequeños, de menor masa y de menor luminosidad intrínseca que el resto de las galaxias, excepción hecha de las esferoidales.

* En lo sucesivo nos ceñiremos exclusivamente a las IrrI, preferentemente a las enanas, representantes de las cuales constituyen los objetos de estudio de esta tesis.

En cuanto a su abundancia en el Universo, si bien aparecen con un bajo porcentaje en los catálogos usuales, esta carencia es más bien debida a falta de completitud de los mismos. De las 400 galaxias al Norte de $\delta = -14^\circ$ estudiadas por Hubble (1926) basándose en el catálogo más completo de su época (Hardcastle, 1914), sólo 11 eran irregulares. Sin embargo, Hubble solo consideró galaxias más brillantes que $m = 12.5$, y el catálogo de Hardcastle no llegaba mucho más allá. Un estudio de catálogos más completos revela que las galaxias irregulares constituyen $1/3-1/2$ del total. En base al catálogo de Kraan-Korteweg y Tammann (1979), del total de 34 galaxias catalogadas como pertenecientes o quizá pertenecientes al Grupo Local, 14 son irregulares, lo que supone el 40%.

Estos porcentajes hacen que, junto con las galaxias esféricas y elípticas enanas, en general, constituyan objetos trascendentales para la Cosmología. Efectivamente, su baja luminosidad intrínseca y bajo brillo superficial hacen que no sean detectadas a partir de cierta distancia, lo que puede ser decisivo para el cómputo de la masa del Universo.

El intervalo de luminosidad en el que se sitúan las galaxias irregulares se extiende desde $M_B \simeq -20$ hasta valores incluso superiores a $M_B = -13$. En cuanto a su brillo superficial, salvo excepciones, corresponde a $\mu_B \simeq 20m/(\prime)^2$ para las mayores. Las enanas ($M_B \geq -16$) tienen valores de alrededor de $\mu_B \simeq 22m/(\prime)^2$, lo que las hace apenas discernibles del fondo de cielo.

Como apuntan Gallagher y Hunter (1984), las distribuciones de luz de las irregulares son similares a las de los discos de espirales, si bien su menor brillo superficial permite inferir una menor densidad proyectada de estrellas. Estas suaves distribuciones se encuentran a menudo perturbadas por las manchas de luz producidas por la activa formación estelar de una zona de la galaxia y por barras, que son comunes en las irregulares y suelen presentar una formación estelar especialmente activa en uno de sus extremos. En cuanto a sus colores integrados, las galaxias irregulares constituyen la clase más azul de las galaxias "normales".

Sus índices de color se centran alrededor de $(B - V) \simeq 0.3$. Estos colores pueden ser apenas explicados mediante los modelos usuales de síntesis de poblaciones estelares, lo que ha llevado a pensar que las galaxias irregulares son objetos jóvenes; ya sea en el sentido de haberse formado con posterioridad al resto de las galaxias, ya en el de haber sufrido una evolución más lenta. Ambas posibilidades implicarían un bajo contenido metálico, que daría colores más azules. Además, la primera de ellas, podría conllevar una activa formación estelar actual, lo que daría lugar a que las estrellas jóvenes, masivas y azules dominaran la luz. En la segunda, el reducido número de generaciones estelares, que implicaría una pequeña cantidad de estrellas de baja masa, permitiría también un dominio relativo de la luminosidad por parte de las estrellas jóvenes. A esto podría añadirse una tasa de formación estelar discontinua, que favorecería, en los momentos de máximo, los colores azules. Sin embargo, los brotes de formación estelar localizados que presentan las irregulares no significan necesariamente un aumento global de la tasa de formación estelar de toda la galaxia. De hecho, Gallagher *et al.* (1984) encontraron que la historia evolutiva de la mayoría de las galaxias analizadas por ellos, pertenecientes a una muestra de galaxias de alto brillo superficial, eran coherentes con una tasa de formación estelar y una función inicial de masas constantes a lo largo de sus vidas.

No obstante, existe cierta cantidad de irregulares, sobre todo las más pequeñas, cuyas propiedades no serían explicadas con una tasa de formación estelar constante. Este aspecto queda bien reflejado en el *Stochastic Selfpropagating Star Formation Model*, desarrollado por Gerola, Seiden y colaboradores (vease Seiden y Gerola, 1982). En él, una galaxia tiene una tasa de formación estelar tanto más discontinua cuanto menor sea su tamaño (Gerola, Seiden y Schulmann, 1980).

Además de la tasa de formación estelar, la función inicial de masas resulta crítica para establecer la historia evolutiva y el aspecto presente de una galaxia. En efecto, como se desprende del trabajo de Searle, Sargent y Bagnuolo (1973), los índices de color $(U - B)$ y $(B - V)$ de un sistema estelar con formación continua

dependen fuertemente de la pendiente de la función inicial de masas. Igualmente, la masa contenida en estrellas en una galaxia puede variar fuertemente al variar dicha pendiente (vease apéndice 1). La falta de información respecto a las estrellas de masa baja e intermedia que afecta a cualquier galaxia exterior a la nuestra, impide la determinación de la FIM para todo el rango de masas, pero sí es posible su determinación a partir de observación directa para estrellas de alta masa. De este modo, parece haber indicios de que el valor absoluto de la pendiente de la FIM, α , es menor (es decir, favorece la formación de las estrellas masivas) en las galaxias irregulares. Terlevich y Melnick (1983) proponen incluso una dependencia de dicha pendiente con la metalicidad del sistema, en el sentido de que a sistemas menos metálicos corresponderían menores valores de α .

El esquema de formación estelar descrito para las galaxias irregulares, unido a la simplicidad de las mismas, que facilita la observación de muestras completas de estrellas por debajo de cierta magnitud, hace de ellas objetos de atención preferente para el desarrollo y verificación de teorías de formación estelar. Su bajo grado de evolución, de verificarse, permitiría conocer los parámetros que gobiernan la formación estelar en las primeras fases de la evolución de galaxias mayores.

Por lo que se refiere a la metalicidad de las galaxias irregulares, suele tener valores comprendidos entre 1/2 y 1/8 de la solar (vease Gallagher y Hunter, 1984) y sólo algunas compactas azules, a las que, a la vista de los resultados expuestos en la presente tesis, se puede añadir GR 8, tienen metalicidades inferiores. El problema fundamental para su determinación estriba, como se discute más adelante, en que en muchas de ellas la línea de [OIII] λ 4363 no es detectable, lo que impide una determinación directa de la temperatura electrónica, parámetro fundamental para una correcta estimación de la metalicidad.

El bajo contenido metálico de las galaxias irregulares indica que su gas interestelar se encuentra menos procesado que el de las espirales. No existe, sin embargo, una clara correlación entre la metalicidad y otros parámetros tales como

luminosidad o tasa de formación estelar, aunque sí con la masa total (Talent, 1980).

Una de las aproximaciones que suelen hacerse al abordar problemas de evolución química de una galaxia es considerarla como un sistema cerrado con reciclaje instantáneo; esto es, las estrellas con masa mayor que un cierto valor crítico mueren instantáneamente después de nacer, devolviendo todo el material metálico al medio; las de masa menor, viven para siempre. En un sistema tal, la metalicidad habría de estar correlacionada con la cantidad de gas presente en la galaxia. Esto, sin embargo, no es en absoluto cierto para las galaxias irregulares, como puede verse en la figura 3 del compendio de Gallagher y Hunter (1984). Se hace, por tanto, necesario recurrir a modelos que contemplen una entrada en la galaxia de gas intergaláctico no procesado o bien, un escape del material enriquecido procedente de explosiones de supernova. Esta última posibilidad parece especialmente adecuada en galaxias de baja masa y, como se propone en la presente tesis, podría ser el mecanismo presente en GR 8. Su bajo grado de evolución química hace, una vez más, a las galaxias irregulares, interesantes, en este caso, por la oportunidad que ofrecen para una mejor determinación de la abundancia de He primordial.

Una última cuestión. Las galaxias irregulares podrían estar en conexión directa con las esferoidales. La baja masa de una galaxia irregular podría hacer que, en los primeros momentos de su evolución, el efecto de marea producido por la presencia de una galaxia mayor le hiciera perder todo su gas, quedando de ella sólo los restos de los primeros brotes de formación estelar. Esto explicaría la distribución de las irregulares ocupando la periferia de los cúmulos de galaxias, mientras las elípticas enanas llenan las partes interiores. En el propio Grupo Local, la distribución de irregulares, sobre todo de las más pequeñas, se limita a la periferia del mismo, mientras la Vía Láctea aparece rodeada de pequeños sistemas carentes de gas. En este contexto, el conocimiento de las galaxias enanas en general, desde las más ricas en gas hasta las esferoidales, aportaría información

valiosa sobre los estados evolutivos del Universo en los que se iniciaba la formación de las galaxias.

La formación estelar, parametrizada por la función inicial de masas, es el fenómeno físico que caracteriza más profundamente la evolución de un sistema estelar. En este sentido nos proponemos, en esta tesis, aportar nuevos resultados que contribuyan al mejor conocimiento de la evolución de las galaxias, centrándonos para ello en las galaxias irregulares enanas que, por su mayor simplicidad, permiten la elaboración de estudios más detallados. De ellas, son las más próximas, es decir, las del Grupo Local las que ofrecen mayores posibilidades para analizar sus poblaciones estelares, mediante la observación fotométrica directa de estrellas resueltas, hasta límites relativamente profundos. Este análisis permite, primeramente, la construcción de diagramas fotométricos en los que quedan reflejados posibles brotes de formación estelar, de los que se pueden conocer las edades. Permite, además, la determinación de la función de luminosidad y, sobre todo, de la función inicial de masas, que resulta definitiva para el conocimiento de la formación estelar de, al menos, el rango de masas estelares observado. Con ayuda de ella y de la metalicidad del sistema, se puede incluso llegar a un esbozo del posible o posibles caminos que ha seguido la evolución de la galaxia desde su formación. El mejor conocimiento que, de esta manera, se puede obtener sobre las galaxias irregulares enanas próximas, puede ser posteriormente trasladado a otras irregulares más lejanas y a galaxias mayores, de otros tipos morfológicos, para las que el estudio detallado de la formación estelar resulta más complejo.

Las galaxias elegidas para su estudio han sido Sextans A, Sextans B, GR 8 y DDO 187, todas ellas bajo el criterio de su pertenencia al Grupo Local. Sin embargo, DDO 187, después de las observaciones realizadas, ha resultado estar fuera del mismo. La idea inicial fue la de llevar a cabo el estudio fotométrico

y espectrofotométrico de todas ellas. Sin embargo, limitaciones en el tiempo de observación, problemas instrumentales o, simplemente, la no detección de regiones HII suficientemente intensas han dado lugar a que sólo GR 8 haya sido observada con las dos técnicas. Por el contrario, Sextans A y DDO 187 sólo lo han sido fotométricamente y Sextans B, sólo espectrofotométricamente.

En la parte I, se discuten los datos espectrofotométricos de dos regiones HII en GR 8 (capítulo 1) y una en Sextans B (capítulo 2), para las que se ha conseguido detectar la línea de $[OIII]\lambda 4363$, necesaria para una mejor determinación de la temperatura electrónica y, consiguientemente, de la metalicidad.

En la parte II, se discuten los datos fotométricos de las estrellas de Sextans A, GR 8 y DDO 187 (capítulos 3, 4 y 5 respectivamente) hasta una magnitud tan profunda como han permitido los medios de observación desde tierra existentes en la actualidad y las disponibilidades de tiempo en los mismos. A partir de estos datos se estima la distancia a cada una de estas galaxias. Para Sextans A se calculan, además, la masa de gas y masa total a partir de observaciones en radio de la línea de 21 cm. En el capítulo 6 se dan, para cada galaxia, las funciones de luminosidad. En el 7 se calculan las funciones iniciales de masa, en base a las cuales y utilizando las metalicidades obtenidas en la parte I, se propone, a grandes rasgos, un posible esquema evolutivo para cada una de ellas. Se discute a continuación la relación entre la tasa de formación estelar de estrellas de masa alta e intermedia y la masa de gas que hemos obtenido para las galaxias del tipo estudiado, así como las posibles dependencias que dichas tasas de formación estelar pueden tener con la fracción de gas y la metalicidad de las respectivas galaxias.

A continuación, se presentan las conclusiones generales de la tesis, la bibliografía y, finalmente, dos apéndices. En el primero se dan definiciones básicas y comentarios generales acerca de la función inicial de masas. En el segundo se incluyen las tablas de fotometría y las cartas de identificación de Sextans A, DDO 187 y GR 8.

PARTE I

ESPECTROFOTOMETRIA

1. GR 8

1.1. INTRODUCCION.

GR 8 (DDO 155, A 1256+14) es una de las tres galaxias estudiadas fotométricamente en esta tesis. En el capítulo 4 y en Aparicio, García-Pelayo y Moles (1988b) se discuten en detalle los resultados obtenidos en este sentido y se hace una introducción histórica sobre ella. Como allí se dice, su distancia es de 1 Mpc, lo que la hace ser miembro del Grupo Local, aún encontrándose en su periferia. Resulta notable por su baja masa y su baja luminosidad, las menores entre las galaxias irregulares del Grupo Local.

Como se dijo en la introducción de esta tesis, a menudo resulta difícil la determinación de las abundancias iónicas de regiones HII en galaxias irregulares, debido a la debilidad de sus líneas de emisión que hace que, con frecuencia, la línea de [OIII] λ 4363 no sea detectable. Esto impide la determinación directa de la temperatura electrónica. De hecho, GR 8 ha sido estudiada espectrofotométricamente por Talent (1980), Hunter y Gallagher (1985) y Stasińska, Comte y Vigroux (1986) y ninguno de estos autores alcanza la detección de dicha línea, por lo que se ven obligados a utilizar métodos empíricos, como el de Pagel *et al.* (1979), para la estimación de la abundancia de oxígeno, obteniendo unos valores de 1.0×10^{-4} , 5.0×10^{-4} y 3.2×10^{-4} , que corresponden a 1/8, 0.7 y 0.4 del valor solar, respectivamente. Como se sabe, la relación empírica dada por Pagel *et al.* (1979), utilizada por Hunter y Gallagher (1985) y Stasińska, Comte y Vigroux (1986), resulta bivaluada, estando su rama de bajas metalicidades, mal definida. Por ello pierde validez para sistemas en los que, como es el caso de las galaxias irregulares enanas, se sospecha bajo contenido en metales.

Posteriormente, Skillman *et al.* (1988) han obtenido nuevos datos espectrofotométricos en los que se detecta la citada línea de [OIII] λ 4363, obteniendo un valor para la abundancia de oxígeno de 1/40 del solar, que resulta extremadamente bajo. A pesar de haberse calculado disponiendo de una determinación de la temperatura electrónica basada en la citada línea de [OIII] λ 4363, esta metalicidad no puede considerarse como definitiva, dado que Skillman *et al.* se ven obligados a tomar las intensidades de las líneas de [OII] λ 3727 y [OIII] $\lambda\lambda$ 4959+5007 de diferentes espectros, debido a saturación de las últimas en uno de ellos, de dispersión intermedia y a no disponer de la intensidad de la primera en otro, de alta dispersión. Esto puede tener efectos de importancia, si se tiene en cuenta que para temperaturas electrónicas del orden de 15000°K, una variación de un factor 2 en la relación $\frac{[\text{OIII}]\lambda\lambda 4959+5007}{[\text{OIII}]\lambda 4363}$, utilizada para el cálculo de dicha temperatura, produce variaciones superiores a un factor 2 en la abundancia de oxígeno obtenida.

En este capítulo presentamos nuestros resultados obtenidos en base a medidas espectrofotométricas de dos regiones HII en GR 8 detectadas por Hodge (1974). Como se expone en la introducción de esta tesis, una de las propiedades que hacen interesantes a las galaxias irregulares enanas es su posible primitivo estado de evolución, que entre otras cosas se debe caracterizar por un bajo contenido metálico. Por esto, nos centramos, sobre todo en la determinación de la metalicidad, discutiendo, además, las abundancias iónicas de dichas regiones HII. El conocimiento de la metalicidad resulta también fundamental para el cálculo de la función inicial de masas, por la necesidad de utilizar modelos evolutivos estelares que se adecúen a la metalicidad del sistema (véase la discusión en relación al cálculo de la función inicial de masas en el capítulo 7 de esta tesis).

1.2. OBSERVACIONES Y REDUCCION DE DATOS

Los datos espectrofotométricos que aquí discutimos fueron obtenidos por nosotros en las noches 11 y 12 de Marzo de 1986 con un detector IPCS acoplado al *Intermediate Dispersion Spectrograph* en el telescopio *Isaac Newton* de 2.5 m del observatorio del *Roque de los Muchachos* en La Palma. Los espectros fueron tomados en dos partes, azul y roja, para cubrir todo el intervalo desde 3500 Å hasta 7000 Å. Se utilizó la red 630V, con la que se obtiene una dispersión de 66 Å/mm, que es suficiente para la resolución de las líneas de [OIII]λ4363 y Hgλ4358 de cielo. En el caso del rango espectral rojo, se utilizó, el filtro CG385 para evitar la dispersión de segundo orden.

Fueron obtenidos cinco espectros con rendija de 3' y 185 μm, que se relacionan en la tabla 1.1. Para la calibración en longitud de onda se tomaron varios espectros de una lámpara de Cu-Ar. La resolución espectral alcanzada es de 1.8 Å y la resolución espacial, definida por el tamaño de las secciones consideradas a lo largo de la rendija, de 2.2" que, a la distancia de GR 8 representa una resolución lineal de 10 pc. Para la obtención de los flujos fuera de la atmósfera se tomaron espectros de las estrellas *standard* HZ 14, EG 132 y EG 193, la noche del 11 y de HZ 14 y EG 193, la del 12, utilizando para la calibración las distribuciones espectrales de flujo absolutas publicadas para ellas por Oke (1974). Para su observación se utilizó una rendija de 740 μm, con el fin de garantizar la medida del flujo de toda la imagen estelar. En todos los casos, el acuerdo entre las curvas de calibración obtenidas con las diferentes estrellas *standard* es mejor que el 10%. La correspondencia entre los niveles de continuo que se obtienen para la zona de solapamiento entre los espectros azul y rojo, es muy bueno para la noche del 11, pero no tanto en la noche del 12, siendo las relaciones de los niveles azules a los rojos de 1.04 para la primera noche y de 1.85 para la segunda. Se ha tratado de analizar, sobre todo en este segundo caso, por separado los espectros azul y rojo.

Toda la reducción de datos fue llevada a cabo con el paquete de reducción SPICA implementado en el VAX 11/750 del *Instituto de Astrofísica de Andalucía*, utilizando el programa ALICE, elaborado por el Dr. J. Melnick, para la medida de los flujos de las líneas. Una estimación de los errores de los mismos, puede ser hecha para cada línea en función de su anchura equivalente, utilizando la ecuación obtenida por Masegosa (1988). Para las líneas más débiles, para las que la anchura equivalente puede ser ligeramente superior a 2 Å, se obtiene una precisión de alrededor del 40%. De todas formas, para las líneas más importantes de los diferentes espectros que se encuentren afectadas de elevadas cotas de error, se hará una estimación del mismo mediante el cálculo del flujo de la línea, variando el continuo dentro del nivel de ruido.

En la tabla 1.1 se presenta el diario de observaciones. En la columna 5 se dan los ángulos de posición de la rendija y en la 6, las masas de aire. El espectro 1 (A.P.=55(a)) incluye la estrella nº 68 de nuestra fotometría (véase capítulo 4), habiendo sido tomados los 2 y 3 (A.P.=55(b)) con el mismo ángulo de posición pero desplazados respecto al 1, para evitar dicha estrella, de la que, no obstante, se aprecia cierta contaminación.

Tabla 1.1. Diario de observaciones.

Espectro	Fecha	Rango	Exposición (s)	A.P.	X
1	11.03.86	Azul	3600	55°(a)	1.234
2	11.03.86	Azul	3600	55°(b)	1.045
3	11.03.86	Rojo	3600	55°(b)	1.046
4	12.03.86	Azul	5000	135°	1.413
5	12.03.86	Rojo	2000	135°	1.100

1.3. RESULTADOS Y DISCUSION.

Las observaciones espectrofotométricas que hemos realizado se refieren a las tres regiones HII encontradas por Hodge (1974) en GR 8, aunque por la incertidumbre de los datos relativos a la región Hodge#3, sólo discutiremos los correspondientes a Hodge#1 y Hodge#2. En la tabla 1.2 presentamos los flujos obtenidos para las diferentes líneas en dichas regiones. De ellas, Hodge#1 fue medida en todos los espectros que se relacionan en la tabla 1.1 y Hodge#2, en los números 1, 2 y 3. Cada columna de la tabla 1.2, excepto la primera, va encabezada por el correspondiente ángulo de posición de la rendija. En la primera línea se dan los tamaños lineales sobre la galaxia, considerada a una distancia de 1 Mpc. En las dos últimas líneas se dan los flujos y las anchuras equivalentes de $H\beta$. Los datos correspondientes a Hodge#1, A.P.=55(a), no incluyen la totalidad de la región, con el fin de evitar, en lo posible, la contaminación por la estrella n° 68 de nuestra fotometría (véase capítulo 4). En la posición A.P.=55(b), puede haber también alguna contaminación procedente de la región Hodge#3.

En la figura 1.1 se presenta el espectro monodimensional integrado para las secciones en que se halla presente la estrella n° 68 de nuestra fotometría. La conclusión más importante que puede hacerse a la vista del diferente desplazamiento al rojo que presentan las líneas de la serie de Balmer de la región HII y la estrella es su no pertenencia a GR 8, de acuerdo con lo obtenido por Moss y de Vaucouleurs (1986) a partir de un espectro de 8.2 Å de resolución (frente a la nuestra, de 1.8 Å) y 7680 s de integración tomado con un telescopio de 2.3 m de apertura. Estos autores han analizado también su tipo espectral encontrando que se trata de una estrella subenana G. De nuestro espectro, sin embargo, no se deduce lo mismo. La relación de intensidades entre las bandas H y K del Ca y la debilidad la banda G, que se aprecia a nivel de ruido, acotan el tipo espectral entre F0 y F5, respectivamente. Su índice de color ($B - V$) (véase tabla A2.2, apéndice 2) corresponde a un tipo espectral comprendido en ese este rango. Todo ello unido a su bajo índice

de color ($U - B$) (véase tabla A2.2), su magnitud aparente y sus coordenadas, indican que, efectivamente, se trata de una estrella subenana del halo de nuestra galaxia.

En las figuras 1.2a, 1.2b y 1.2c se presentan, respectivamente, los espectros azules relacionados en la tabla 1.2, correspondientes a la región Hodge#1 y en las figuras 1.3a y 1.3b, los correspondientes a Hodge#2. En todos ellos se puede apreciar el ruido residual tras la substracción de la línea de cielo de $\text{Hg}\lambda 4358$. A pesar de su proximidad la dispersión de nuestros espectros permite que la contaminación de esta línea a la de $[\text{OIII}]\lambda 4363$ sea baja.

En primer lugar, se ha llevado a cabo el cálculo de la velocidad de recesión de GR 8, a partir de los desplazamientos al rojo de las líneas H_γ , H_β , $[\text{OIII}]\lambda 4949$, $[\text{OIII}]\lambda 5007$, y H_α de los espectros que se relacionan en la tabla 1.1. Para evitar los errores sistemáticos de la calibración de los espectros, todas las longitudes de onda han sido referidas a las de las líneas de cielo de $\text{HgI}\lambda 4358$ y $\text{OI}\lambda 5577$, respectivamente para los rangos espectrales azul y rojo. De la media del total de 23 desplazamientos al rojo medidos, se obtiene una velocidad heliocéntrica de 176 ± 5 Km/s, siendo la correspondiente a Hodge#1 de 178 ± 8 Km/s y la de Hodge#2, de 171 ± 7 Km/s. Utilizando un valor para la velocidad del Sol de 250 Km/s, la velocidad galactocéntrica resulta ser 134 ± 5 Km/s. La velocidad de recesión de GR 8 ha sido determinada con anterioridad por varios autores. Hodge (1974), obtuvo un valor de 257 ± 30 Km/s para la velocidad heliocéntrica, a partir de los desplazamientos de las líneas de $[\text{OII}]\lambda 3727$, H_β y $[\text{OIII}]\lambda 5007$, medidos de un espectro para el que Hodge no da la resolución, siendo su tiempo de integración de 3000 s y la apertura del telescopio con el que se tomó de 2.1 m; Fisher y Tully (1975), obtuvieron 216 ± 6 Km/s a partir de la línea de 21 cm y Moss y de Vaucouleurs (1986), 230 ± 16 , a partir de $[\text{OII}]\lambda 3727$, H_β , $[\text{OIII}]\lambda 4959$ y $[\text{OIII}]\lambda 5007$, con un espectro, como se ha dicho, de 8.2 Å de resolución. El único valor de una precisión comparable al nuestro es el de Fisher y Tully (1975), significativamente más alto. Sin embargo la diferencia existente entre ambos puede

explicarse por la propia dispersión de velocidades de GR 8, si se tiene en cuenta que nuestras determinaciones son locales, referidas a dos puntos concretos de la galaxia. De hecho, la anchura a media altura de la línea de 21 cm medida por Fisher y Tully (1975) es de 30 Km/s.

Pasamos a continuación a discutir por separado los resultados obtenidos para ambas regiones HII, comenzando por Hodge#2, para la que se ha detectado la línea de [OIII] λ 4363.

Tabla 1.2. Flujos de las líneas espectrales relativas a H_β .

	Hodge#1			Hodge#2	
	55(a)	55(b)	135	55(a)	55(b)
Tamaño	40 pc	80 pc	60 pc	30 pc	40 pc
[OII] λ 3727	2.101	2.270	2.510	1.083	0.973
[NeIII] λ 3869	-	-	0.123	0.215	0.215
HeI+H δ λ 3889	0.129	0.100	0.143	0.106	0.115
[NeIII]+H ϵ λ 3969	0.077	0.054	0.104	-	0.126
H δ	0.205	0.169	0.208	0.200	0.199
H γ	0.391	0.404	0.406	0.464	0.342
[OIII] λ 4363	-	-	-	0.073	0.066
HeI λ 4471	-	-	-	-	0.062
H β	1	1	1	1	1
[OIII] λ 4959	0.453	0.638	0.588	1.151	1.107
[OIII] λ 5007	1.473	1.719	1.630	3.551	3.813
HeI λ 5876	-	0.164:	0.081:	-	0.154:
H α	-	4.337	3.285	-	3.931
[NII] λ 6583	-	0.109	0.061	-	0.079
[SII] λ 6717	-	0.321	0.133	-	0.175
[SII] λ 6731	-	0.165	0.103	-	0.036
$f(H_\beta)$ ($\times 10^{-15}$)	2.58	4.45	4.78	2.65	2.62
A. Eq. (H_β)	43.8	9.9	21.1	52.9	42.4

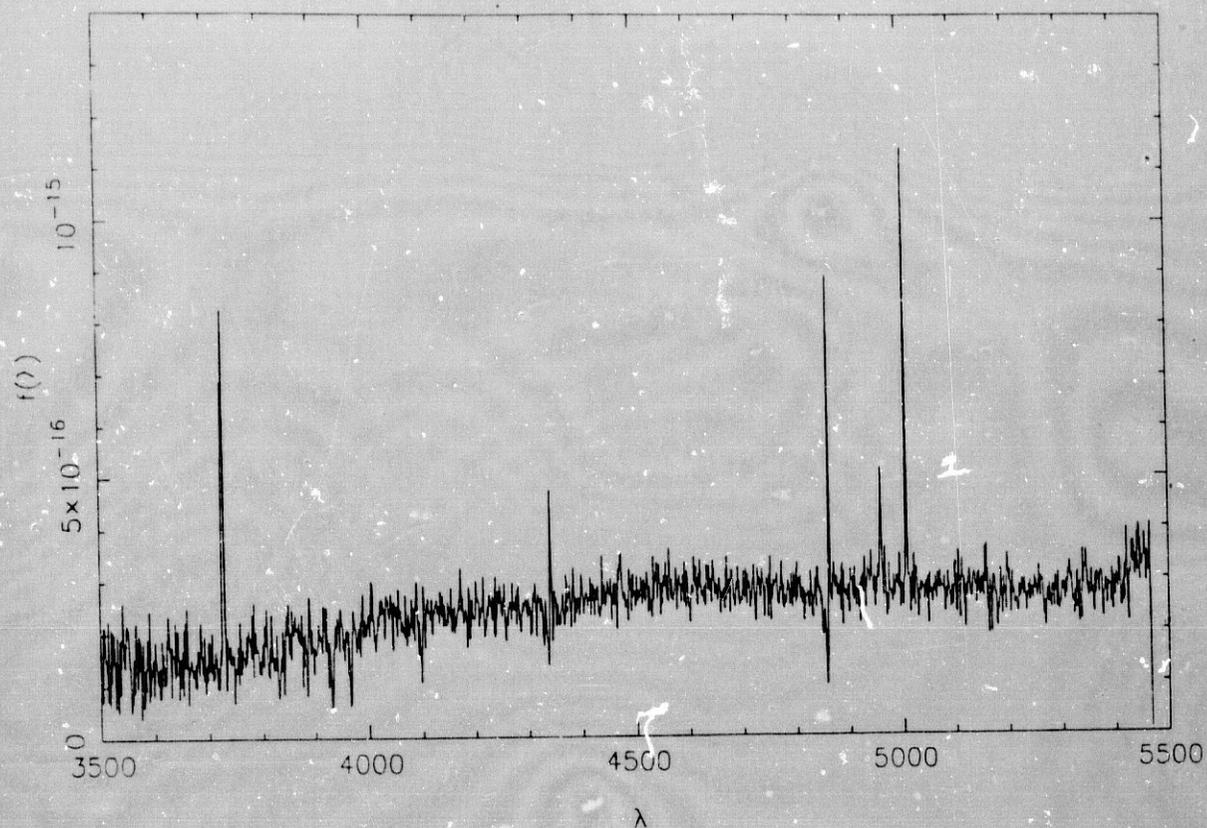


Figura 1.1. Espectro de la estrella n° 68 (véase carta de identificación en el capítulo 3) superpuesta a la región HII Hodge 1.

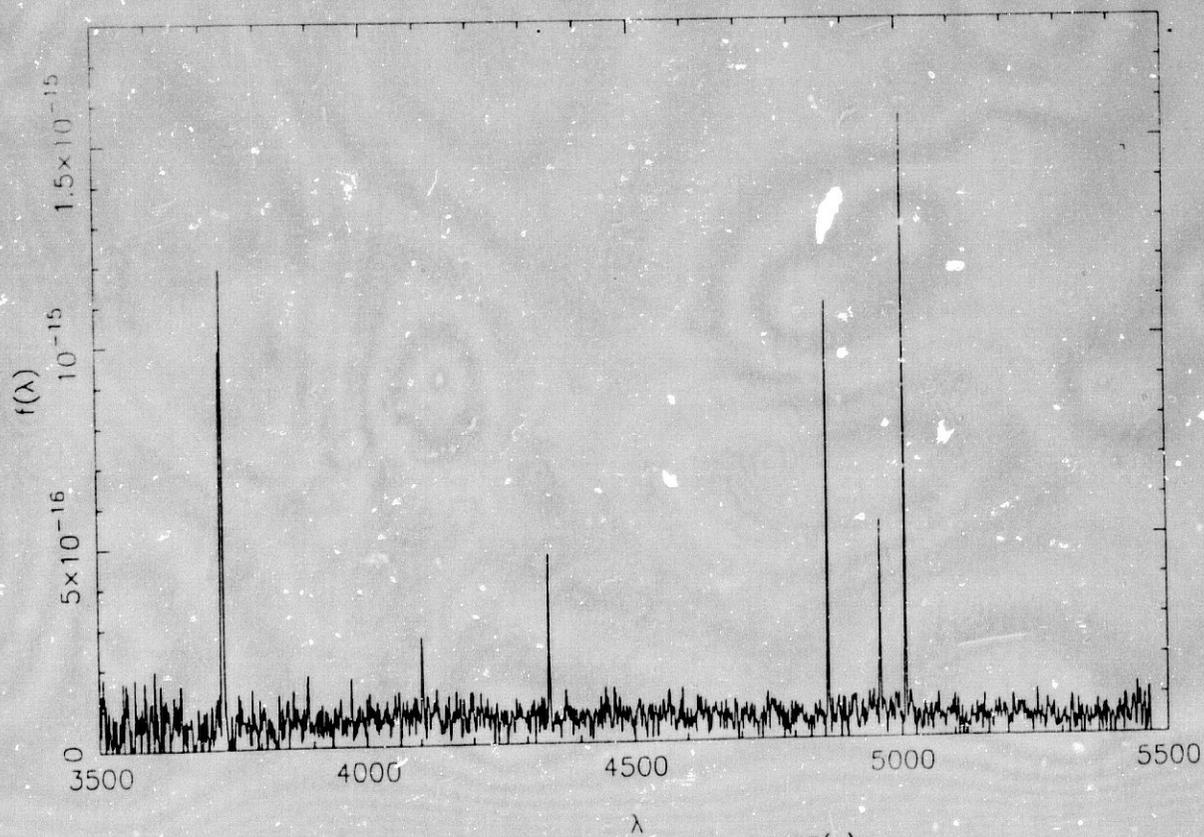
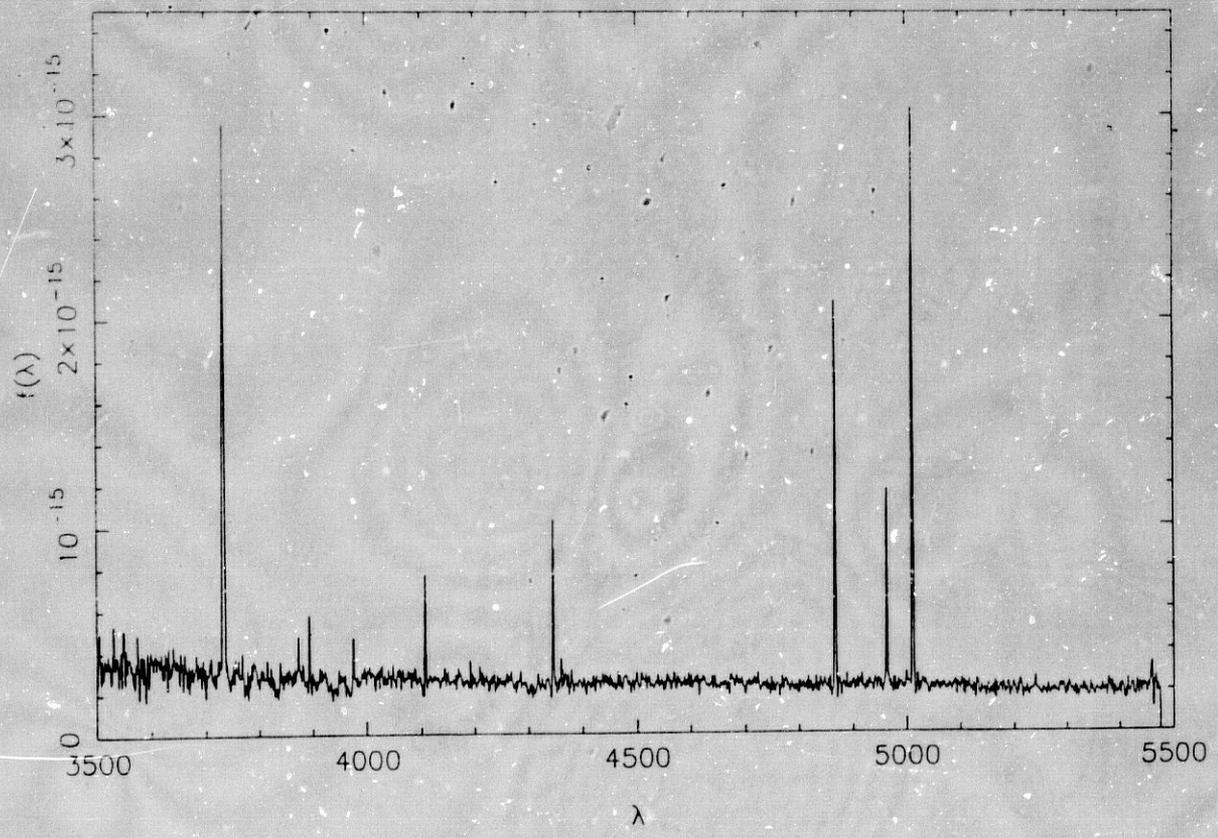
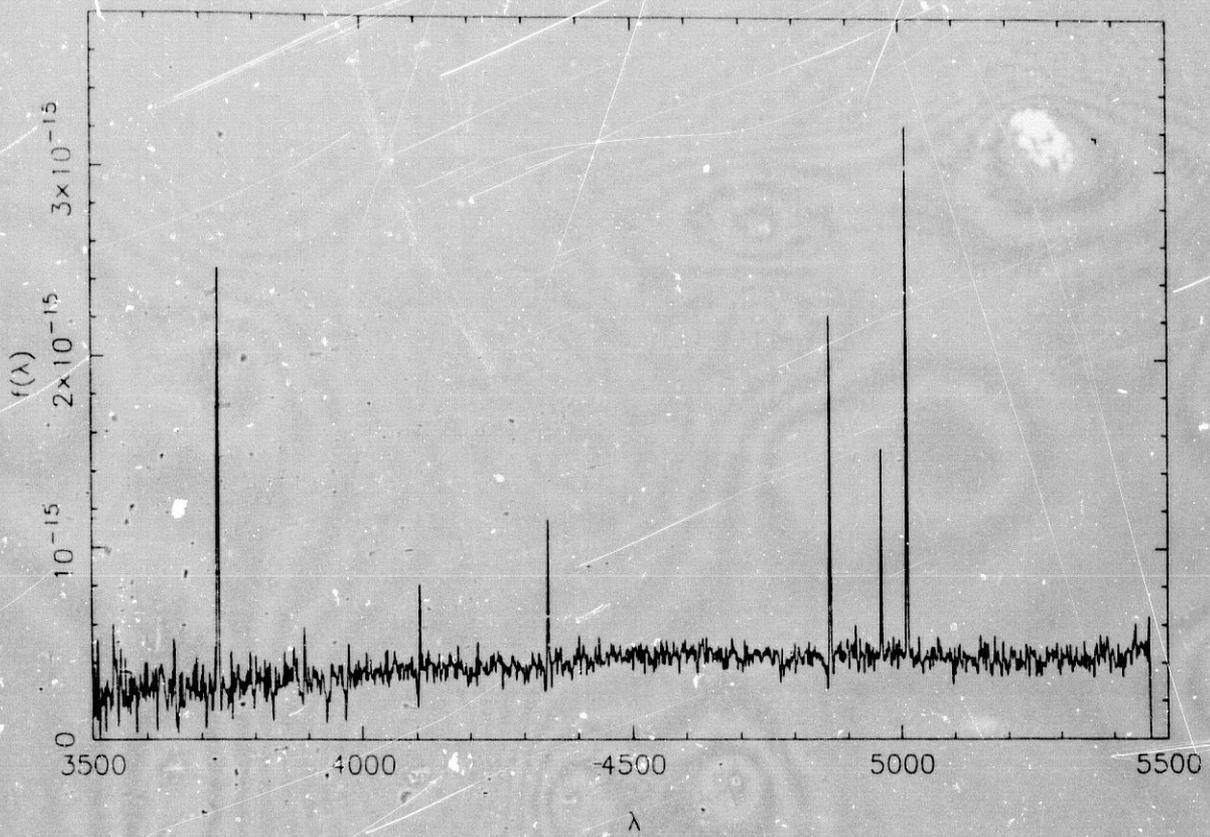
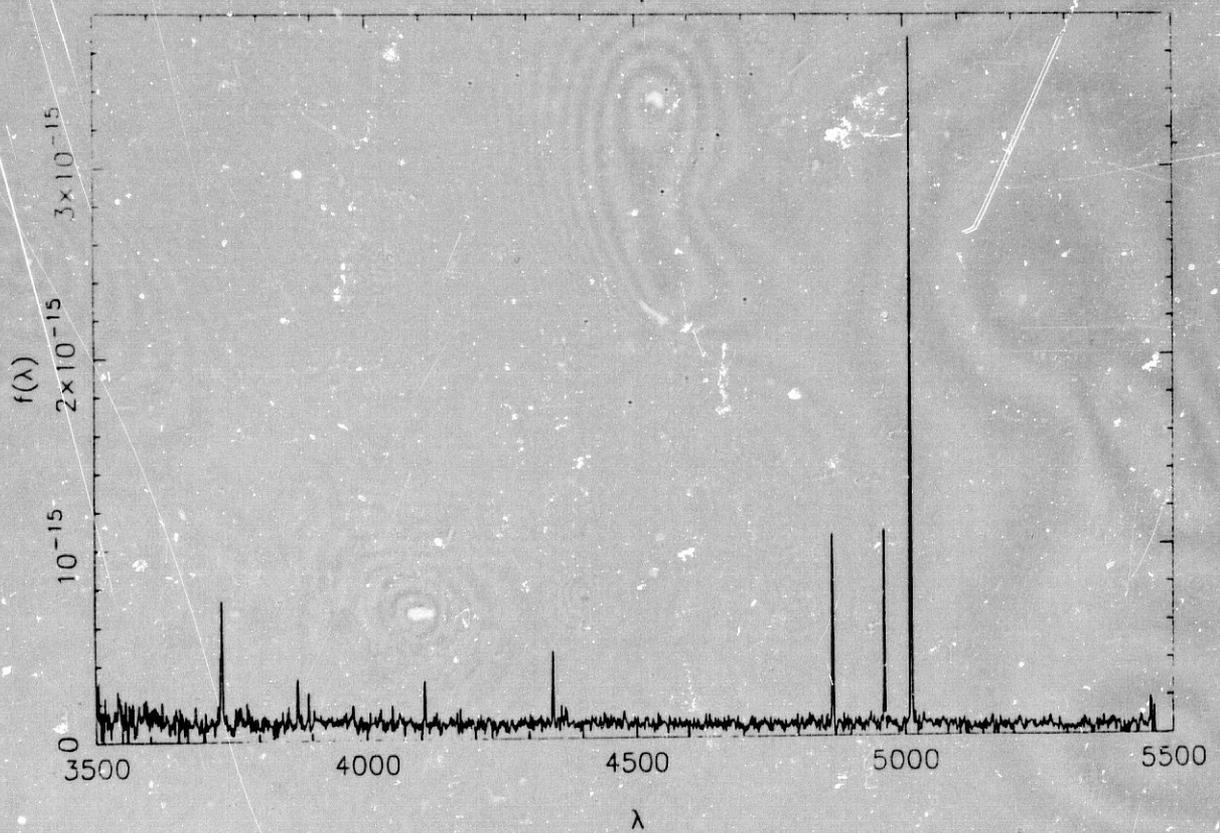
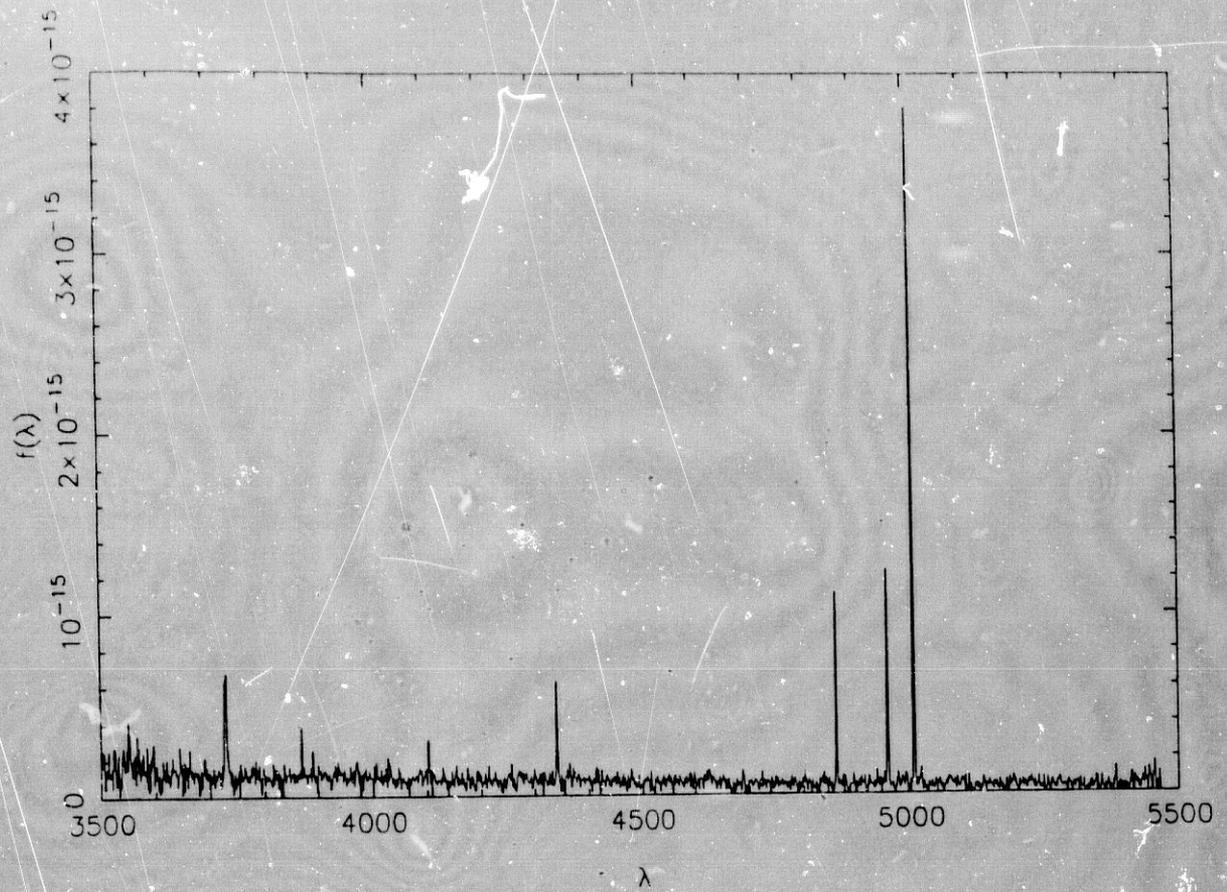


Figura 1.2a. Espectro de la región HII Hodge 1. A.P.=55(a).



Figuras 1.2b y 1.2c. Espectros de la región HII Hcde 1. A.P.=55(b) y 135, respectivamente. Rango azul.



Figuras 1.3a y 1.3b. Espectros de la región HII Hodge 2. A.P. -55(a) y 55(b), respectivamente. Rango azul.

1.3.1. Hodge#2.

Como puede verse en la tabla 1.2, los espectros para esta región han sido tomados con dos posiciones de rendija paralelas entre sí. Ambas posiciones son muy próximas, diferenciándose en que una de ellas incluye una estrella de campo (la n° 68 de nuestra fotometría, capítulo 4), que se encuentra proyectada sobre la región Hodge#1.

El enrojecimiento interno de una región HII se puede parametrizar utilizando la constante de enrojecimiento, C_β , definida como $\tau_\lambda = C_\beta f(\lambda)$, donde τ_λ es la profundidad óptica del medio a la longitud de onda λ y $f(\lambda)$, la función de enrojecimiento, tal como la define Seaton (1975). El cálculo de la misma para Hodge#2 ha sido llevado a cabo mediante un ajuste por mínimos cuadrados a partir de los flujos medidos para las líneas de la serie de Balmer. Resulta ser de 0.52 ± 0.4 para el espectro 55(a) y de 0.50 ± 0.02 , para el 55(b). Adoptaremos este valor, dado el elevado error del primero.

La determinación de la densidad electrónica puede hacerse a partir de las relaciones de intensidades de las líneas de los dobletes de [SII] $\lambda\lambda 6717+6731$ y de [OII] $\lambda\lambda 3726+3729$ (véase Osterbrock, 1974), que indican que estamos en el límite de bajas densidades. En tal caso no es posible determinar con precisión dicha densidad, pero su valor no afecta significativamente a los resultados que se obtengan sobre las abundancias. La determinación de la temperatura electrónica se ha hecho utilizando la relación de intensidades $\frac{[\text{OII}]\lambda\lambda 4959+5007}{[\text{OIII}]\lambda 4363}$, obteniendo unos valores de $T_e = 16300^\circ K$ y $T_e = 15000^\circ K$, a partir de los datos de las posiciones (a) y (b), respectivamente. Es de señalar al respecto que la zona de emisión en la que se detecta la línea [OIII] $\lambda 4363$ es menor que la zona en que se detectan las de [OIII] $\lambda\lambda 4959+5007$. Asumimos que la no detección de [OIII] $\lambda 4363$ extendida a toda la zona considerada se debe a la baja intensidad de esta línea que, fuera de la región de máximo, queda inmersa dentro del ruido. Por tanto, para la determinación de la temperatura electrónica, se ha tomado en consideración la

intensidad de las líneas de [OIII] $\lambda\lambda$ 4959+5007 integrada para toda la zona de esta región en que se hallan presentes, señalando, además, que los resultados son muy similares cuando se consideran sólo las secciones en que se detecta [OIII] λ 4363. Las abundancias iónicas de O, Ne, N y He, obtenidas siguiendo los procedimientos descritos por Aller (1984), se dan en la tabla 1.3 para ambas posiciones de rendija. Para el He se dan los valores obtenidos a partir de las líneas de He λ 4471 y He λ 5876. Los errores que afectan a estos valores son de alrededor del 25%, estimados, como se dijo en el punto 1.2, mediante el cálculo de los flujos de estas líneas variando el continuo dentro del nivel de ruido de los espectros.

Tabla 1.3. Abundancias iónicas en Hodge#2.

	A.P.=55(a)	A.P.=55(b)
$\left[\frac{\text{O}^+}{\text{H}}\right]$	1.7×10^{-5}	1.8×10^{-5}
$\left[\frac{\text{O}^{++}}{\text{H}}\right]$	3.1×10^{-5}	4.0×10^{-5}
$\left[\frac{\text{Ne}^{++}}{\text{H}}\right]$	6.2×10^{-6}	7.8×10^{-6}
$\left[\frac{\text{N}^+}{\text{H}}\right]$	—	5.0×10^{-7}
$\left[\frac{\text{He}}{\text{H}}\right]_{\lambda 4471}$	—	0.151
$\left[\frac{\text{He}}{\text{H}}\right]_{\lambda 5876}$	—	0.105

A partir de estos datos, la metalicidad resulta ser $Z=1/16Z_{\odot}$ y $Z=1/14Z_{\odot}$, respectivamente para las posiciones (a) y (b), con errores que pueden cifrarse en alrededor de un 50%, producidos, fundamentalmente, por la incertidumbre de la intensidad de la línea de [OIII] λ 4363.

Edmunds y Pagel (1978) sugirieron que el nitrógeno, al contrario que el oxígeno, debía ser principalmente sintetizado por estrellas de masa intermedia,

lo cual, para una función inicial de masas dada, se refleja como una variación de la relación $[N/O]$ con la edad del sistema estelar. El valor de $\log[N^+/O^+] = -1.56$ que se obtiene para Hodge#2 indica, como en el caso de otras irregulares (véase Edmunds y Pagel, 1978), que GR 8 es un sistema "joven" en el sentido de que una parte importante de sus estrellas se ha formado hace poco tiempo. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el $\log[N/O]$ es también tanto más bajo cuanto menor sea el valor absoluto del exponente de la masa, α , en la función inicial de masas (véase apéndice 1). Como se trata en el capítulo 4, $\alpha=1.8$ para GR 8, lo que resulta bastante bajo en comparación con otras galaxias. Por otra parte, en el capítulo 4 concluimos la necesidad de que el material enriquecido en oxígeno, procedente de la explosión de supernovas, en GR 8, debe escapar de la galaxia para dar cuenta de su baja metalicidad y bajo contenido en gas. Esto debería ponerse de manifiesto en un alto valor del $\log[N/O]$. En definitiva, aunque el obtenido es similar al de otras galaxias irregulares, la cantidad de parámetros libres que pueden influir sobre él impide sacar conclusiones definitivas al respecto.

Por lo que se refiere al helio, la relación de intensidades que se obtiene para las líneas de $He\lambda 5876$ y $He\lambda 4471$ a partir de los flujos dados en la tabla 1.2, es de 1.73, que no corresponde con el valor teórico esperado de ~ 2.7 , para una densidad electrónica del orden de 100 cm^{-3} y la temperatura electrónica obtenida para esta región HII (véase Brocklehurst, 1972). Esta diferencia puede ser explicada por la incertidumbre de la intensidad de la línea de $HeI\lambda 4471$. Además, no parece que los efectos colisionales puedan ser de importancia, dada la baja densidad electrónica. En efecto, la intensidad de la línea de $HeI\lambda 5876$, producida por excitación colisional representa un 4% de la producida por fotoionización, en las condiciones físicas de esta región HII (véase Ferland, 1986). No existe, sin embargo, tal como indica este autor, una estimación válida de los efectos colisionales sobre la línea de $HeI\lambda 4471$.

Los porcentajes en masa de He^+ que se obtienen son del 38% y del 30%, respectivamente a partir de la línea de $HeI\lambda 4471$ y $HeI\lambda 5876$. Estos valores son compatibles con la baja metalicidad, asumiendo la pérdida de material enriquecido,

que se propone en el punto 7.4, procedente de la explosión de supernovas, ya que el enriquecimiento por vientos estelares es más eficaz para el helio que para los metales.

Por su parte, la relación de abundancias $[\text{Ne}^{++}/\text{O}^{++}] = 0.2$, se encuentra dentro de lo normal (véase Aller, 1984).

Resulta interesante la comparación de nuestros resultados con los que se predicen en los modelos teóricos de Stasińska (1982). La mejor concordancia se obtiene con los modelos 1FC2 y 1FB2, respectivamente para nuestras posiciones (a) y (b). Para dichos modelos, la metalicidad vale $Z = 1/20Z_{\odot}$ y la densidad electrónica, $n_e = 100 \text{ cm}^{-3}$, diferenciándose en la temperatura efectiva del cúmulo ionizante: 40000 °K y 37500 °K, respectivamente. En la tabla 1.4 se dan, junto a nuestros resultados (corregidos de extinción), los que predicen dichos modelos. La buena correspondencia confirma el valor obtenido para la metalicidad. Las temperaturas efectivas que predicen estos modelos corresponden a una estrella de tipo espectral O6-O7 de secuencia principal, con una masa del orden de $25 M_{\odot}$, que no contradice los resultados al respecto que se discuten en el capítulo 4. Además, el número de fotones Lyman emitidos por una estrella de estas características ($\log N(\text{Ly}) \simeq 49$) hace que el flujo H_{β} observado por nosotros ($f(H_{\beta}) = 10^{36}$, corregido de extinción y asumiendo una distancia de 1 Mpc, según se discute en el capítulo 4, sea compatible con la existencia de una sólo estrella ionizante de esta masa. Es de señalar que los modelos de Stasińska (1982) están desarrollados para una sólo estrella ionizante, por lo que resultan especialmente válidos en nuestro caso.

Tabla 1.4. Comparación de nuestros resultados para Hodge#2 con los que predicen los modelos de Stasińska (1982).

	1FC2	A.P.=55(a)	1FB2	A.P.=55(b)
$T_{[OIII]}$	14760	16300	14170	15000
$\frac{[OII]\lambda 3727}{H\beta}$	1.09	1.56	1.43	1.40
$\frac{[NeIII]\lambda\lambda 3869+3967}{H\beta}$	0.393	(0.39)	0.384	(0.39)
$\frac{[OIII]\lambda 4363}{H\beta}$	0.066	0.086	0.044	0.077
$\frac{[OIII]\lambda\lambda 4959+5007}{H\beta}$	4.45	4.77	3.26	4.76
$\frac{HeI\lambda 5876}{H\alpha}$	0.044	-	0.043	0.045
$\frac{[NII]\lambda\lambda 6548+6584}{H\alpha}$	0.035	-	0.048	0.027
$\frac{[SII]\lambda\lambda 6717+6731}{H\alpha}$	0.051	-	0.071	0.064

1.3.2. Hodge#1.

Como puede verse en la tabla 1.2, se dispone de espectros tomados en tres posiciones para esta región, dos de ellos extraídos de los mismos espectros bidimensionales que los de la región Hodge#2 (A.P.=55(a) y A.P.=55(b)) y otro para un ángulo de posición de la rendija de 135° .

Para el cálculo del coeficiente de enrojecimiento, hemos procedido del mismo modo que para Hodge#2. En este caso se obtiene $C_\beta = 0.56 \pm 0.05$ del espectro PA=55(a); $C_\beta = 0.68 \pm 0.07$, del PA=55(b) y $C_\beta = 0.41 \pm 0.06$, del PA=135. Como el espectro PA=55(b) presenta contaminación de la estrella de campo n° 68, que afecta a la serie de Balmer, tomaremos un valor común para todos ellos de 0.50. Por lo que se refiere a la densidad electrónica, al igual que ocurría en Hodge#2, está en el límite de bajos valores, según se deriva de las relaciones de intensidades de las líneas de [SII] $\lambda\lambda 6717+6731$ y [OII] $\lambda\lambda 3726+3729$. En este caso no es posible la determinación de la temperatura electrónica a partir de la intensidad de la línea de [OIII] $\lambda 4363$, ya que ésta sólo se detecta en el espectro A.P.=135, pero demasiado débil para ser medida. Recurriremos, por tanto, primeramente, a la estimación de la metalicidad mediante las calibraciones empíricas de Edmunds y Pagel (1984). Como es sabido, estas calibraciones resultan bivaluadas para altos valores de las intensidades de [OIII] $\lambda\lambda 4959+5007$ y [OII] $\lambda 3727$. Como disponemos del antecedente de la baja metalicidad obtenida para la región Hodge#2, nos referiremos a las ramas de baja metalicidad de dichas calibraciones. Los resultados para $12+\log[\text{O}/\text{H}]$ obtenidos cuando se utiliza la suma de intensidades de [OII] y [OIII] se relacionan en la tabla 1.5 y corresponden a una metalicidad de 1/20 de la solar. Si, por el contrario, se utiliza la rama de altas metalicidades, se obtienen valores del orden de 1/3 del solar. Comparativamente, los resultados que se obtendrían para Hodge#2 utilizando este procedimiento, serían del orden de 1/18 del solar y 1/3 del solar, respectivamente. Aunque éste es un método débil para la estimación de la metalicidad, tanto por la bivaluación como porque, como se ha dicho, la rama de baja metalicidad está definida con poca precisión, el hecho

de obtener resultados parecidos es, al menos, indicativo de que la metalicidad de Hodge#1 debe ser similar a la de Hodge#2.

Tabla 1.5. Estimaciones de la abundancia de O a partir de los modelos de Edmunds y Pagel (1979).

Posición	$\log \frac{[\text{OII}]+[\text{OIII}]}{\text{H}\beta}$	$12+\log \left[\frac{\text{O}}{\text{H}} \right]$
A.P.=55(a)	0.69	7.5
A.P.=55(b)	0.74	7.6
A.P.=135	0.76	7.6

Otra de las calibraciones dadas por Edmunds y Pagel (1984), se refiere al $\log \frac{[\text{OII}]+[\text{OIII}]}{\text{H}\beta}$. Sin embargo, nuestros valores quedan fuera del rango dado por estos autores, careciendo de sentido una extrapolación, debido, nuevamente, a la incertidumbre con que la rama de bajas metalicidades está definida.

Alternativamente, en la tabla 1.6 se da una comparación entre nuestros datos y los de los modelos de Stasińska (1982) 1EA2 y 1EA2, con los que se produce el mejor acuerdo y a los que corresponde una densidad electrónica de $n_e=100 \text{ cm}^{-3}$ y una temperatura efectiva del cúmulo ionizante de $T_{ef}=35000^\circ\text{K}$, que corresponde a un tipo espectral O8, diferenciándose en la metalicidad que es de $Z=1/20Z_\odot$ para el primero y $Z=1/10Z_\odot$, para el segundo. En la columna 2 se da una mejor estimación de nuestros resultados, a la vista de los obtenidos para los tres espectros. El flujo $\text{H}\beta$ obtenido es compatible con la existencia de una sola estrella ionizante que tendría una masa de $\sim 23 M_\odot$.

Tabla 1.6. Comparación de nuestros resultados para Hodge#1 con los que predicen los modelos de Stasińska (1982).

	Presente		
	tesis	1FA2	1EA2
$T_{[OIII]}$	—	13510	11600
$\frac{[CII]\lambda 3727}{H\beta}$	3.50	2.23	2.94
$\frac{[NeIII]\lambda\lambda 3869+3967}{H\beta}$	0.17	0.123	0.151
$\frac{[OIII]\lambda 4363}{H\beta}$	< 0.02	0.019	0.017
$\frac{[OIII]\lambda\lambda 4959+5007}{H\beta}$	2.00	1.54	2.15
$\frac{HeI\lambda 5876}{H\alpha}$	0.03	0.030	0.088
$\frac{[NII]\lambda\lambda 6548+6584}{H\alpha}$	0.026	0.080	0.103
$\frac{[SII]\lambda\lambda 6717+6731}{H\alpha}$	0.10	0.093	0.320

La correspondencia no es buena, sobre todo por lo que se refiere al $[NII]\lambda\lambda 6548+6584$. La discrepancia en el $[OII]\lambda 3727$ puede ser achacada a los errores en la estimación del enrojecimiento. De cualquier modo, estos datos son compatibles con una metalicidad comprendida entre 1/10 y 1/20 de la solar, similar a la de Hodge#2 y al obtenido con la calibración de Edmunds y Pagel (1984).

Utilizando un valor para la temperatura electrónica de 12500 °K se puede calcular la abundancia de He^+ a partir de la intensidad de la línea de $HeI\lambda 5876$, aunque la precisión de la misma es baja. Para el espectro PA=55(b) se obtiene un 27% en masa y para el PA=135, un 20%, con errores de alrededor de un 50% en ambos casos. Las intensidades de esta línea han sido referidas a la de $H\alpha$ para evitar los errores que podrían producirse al comparar con la intensidad de $H\beta$, que se encuentra en el espectro azul. Estos valores resultan bastante bajos, aunque el primero es del orden del obtenido para Hodge#2 a partir de la misma línea.

Resumiendo, dadas las incertidumbres de estos valores y las de los obtenidos para Hodge #2, adoptaremos una abundancia global de He^+ para GR 8 de un $(30 \pm 7)\%$ en masa. Este valor debe ser corregido para tener en cuenta el He^0 . Utilizando la ecuación dada por Kunth y Sargent (1983), se obtiene un coeficiente de corrección de 1.1, con lo que la abundancia de $\text{He}^0 + \text{He}^+$ sería de un 32%.

Señalaremos, para terminar, que Lequeux *et al.* (1979) y Talent (1980) han propuesto la existencia de una relación masa total-metalicidad para galaxias, obteniendo sin embargo, diferentes parametrizaciones. Los resultados que aquí se han presentado confirman la parametrización de Talent. La baja masa de GR 8 hace que esta confirmación tenga bastante peso. Sin embargo, el hecho de que según se propone en el punto 7.4, la baja metalicidad de GR 8 sea debida a la pérdida del material enriquecido, lleva a pensar que, posiblemente la relación de Talent sea en realidad una relación entre la masa de una galaxia y su capacidad para conservar el material procedente de la explosión de supernovas.

1.4. CONCLUSIONES.

1. El resultado fundamental que se aporta en este capítulo es el de la metalicidad de GR 8. Para una de sus regiones HII (Hodge#2), esta metalicidad, calculada en base a la intensidad de la línea de [OIII] λ 4363, es de $Z=1/15Z_{\odot}$, con una incertidumbre de alrededor del 50%. Para la mayor de las regiones HII presentes en GR 8 (Hodge#1), no es posible la medida de la intensidad de dicha línea, pero los valores obtenidos son compatibles con una metalicidad comprendida entre 1/10 y 1/20 de la solar.

2. A partir del desplazamiento al rojo de las líneas más intensas de los espectros tomados, se deduce para GR 8 una velocidad de recesión heliocéntrica de 176 ± 5 Km/s y galactocéntrica de 134 ± 5 Km/s.

3. En Hodge#2, la temperatura efectiva del cúmulo ionizante (comprendida entre 35000 y 40000°K) y el flujo H_{β} son compatibles con la existencia de una sola estrella ionizante de unas $25 M_{\odot}$, valor que no contradice los resultados que se discuten en el capítulo 4. Para Hodge#1, se obtiene $T_{ef}=35000$ °K, que corresponde a una estrella de unas $23 M_{\odot}$, siendo el flujo H_{β} , igualmente, compatible con la existencia de una sola estrella ionizante.

4. Las abundancias de N y Ne obtenidas son normales para una galaxia de las características de GR 8.

5. Se ha obtenido una abundancia de He en masa de un $(32 \pm 7)\%$.

6. Los resultados obtenidos confirman la existencia de una relación entre masa y metalicidad y, más concretamente, la parametrización dada para ella por Talent (1980).

2. SEXTANS B

2.1. INTRODUCCION.

Sextans B (DDO 70, A 0957+05) es una galaxia irregular enana del Grupo Local que forma un par aparente con Sextans A. Sandage y Carlson (1985) han publicado fotometría fotográfica BV de 76 estrellas resueltas en ella, estimando su módulo de distancia, junto con el de Sextans A, en 26.2. En el capítulo 3 de esta tesis se discute acerca de esta cuestión y se adopta un valor para el módulo de distancia común a ambas de 25.6.

Stasińska, Comte y Vigroux (1986) han realizado medidas espectrofotométricas de Sextans B, obteniendo un valor para la abundancia de oxígeno de 2.46×10^{-5} , lo que implica una metalicidad de $Z=1/30Z_{\odot}$, que ellos consideran como una cota inferior. Es de resaltar la gran discrepancia existente entre la temperatura electrónica que obtienen estos autores cuando utilizan la intensidad de la línea de $[OIII]\lambda 4363$ y cuando recurren a las calibraciones empíricas de Pagel *et al.* (1979), utilizando la relación de intensidades $\frac{[OII]+[OIII]}{H\beta}$.

Presentamos en este capítulo nuestros resultados espectrométricos sobre Sextans B, haciendo hincapié, como en el caso de GR 8, en la metalicidad.

2.2. OBSERVACIONES Y REDUCCION DE DATOS

Las observaciones fueron realizadas en la misma campaña que las correspondientes a GR 8, siendo paralela la reducción de datos para ambas galaxias, por lo que los detalles sobre la misma pueden verse en el capítulo 1. Al igual que para GR 8, los espectros fueron tomados con rendija larga de 3' y 185 μm y la resolución espectral obtenida es de 1.8 Å. En cuanto a la espacial, es de 15 pc, debido a la mayor distancia a que se encuentra Sextans B. En la tabla 2.1 se presenta el diario de observaciones. En la columna 5 se da el ángulo de posición de la rendija y en la 6, la masa de aire. La región HII que hemos observado puede identificarse en la fotografía que publican de Sextans B Fisher y Tully (1979) y es la que se encuentra a unos 20" al SE de la estrella brillante situada en el borde N de la galaxia.

Tabla 2.1. Diario de observaciones.

Espectro	Fecha	Rango	Exposición (s)	A.P.	X
1	12.03.86	Azul	4000	26°	1.307
2	12.03.86	Rojo	2000	26°	1.059

2.3. RESULTADOS Y DISCUSION.

En una única zona de emisión de las observadas en Sextans B, se detecta la línea de [OIII] λ 4363. El tamaño de la misma abarca 4 secciones de nuestro espectro, lo que, traducido a tamaño lineal sobre Sextans B, representa unos 60 pc. Los flujos observados para las diferentes líneas, relativas a la de H_{β} , se dan en la tabla 2.2. En las dos últimas líneas de la misma se da el flujo y la anchura equivalente de H_{β} . En la figura 2.1 se presenta el espectro integrado para las cuatro secciones antes citadas correspondiente al rango azul.

Al igual que para GR 8 (véase punto 1.3), se ha llevado a cabo el cálculo de la velocidad de recesión de Sextans B, utilizando en este caso las líneas de H_{γ} , H_{β} , [OIII] λ 4959 y [OIII] λ 5007. Como en el caso de GR 8, las longitudes de onda han sido referidas a la de la línea de cielo de HgI λ 4358. No se ha tenido en cuenta H_{α} para la que el desplazamiento al rojo es de $z = 1.06 \times 10^{-3}$, siendo la media de los otros cuatro de 0.93×10^{-3} . La inclusión de H_{α} hace aumentar la velocidad de recesión en ~ 8 Km/s. Con las cuatro líneas seleccionadas, se obtiene 268 ± 4 Km/s para la velocidad heliocéntrica y 123 ± 4 , para la galactocéntrica. Como ocurría con GR 8, este valor es menor que el de 150 ± 10 Km/s dado por Fisher y Tully (1975) a partir de la línea de 21 cm, aunque la anchura a media altura de esta línea dada por Fisher y Tully (1975), de 39 Km/s, justifica la diferencia encontrada en base a la propia dispersión de velocidades de Sextans B.

El cálculo del coeficiente de enrojecimiento ha sido llevado a cabo del mismo modo descrito en el capítulo 1, obteniéndose un valor de $C_{\beta} = 0.00 \pm 0.05$. De todas formas y para probar el efecto que distintos valores de C_{β} pueden tener sobre los resultados, realizaremos también el cálculo de abundancias considerando un coeficiente alternativo de $C_{\beta} = 0.25$.

Tabla 2.2. Flujos de las líneas espectrales relativas a H_β .

Línea	Flujo
[OII] λ 3727	2.481
[NeIII] λ 3869	0.110
HeI+H δ λ 3889	0.160
[NeIII]+H ϵ λ 3969	0.189
HeI λ 4026	0.031
H δ	0.240
H γ	0.488
[OIII] λ 4363	0.021
HeI λ 4471	0.039:
H β	1
[OIII] λ 4959	0.844
[OIII] λ 5007	2.398
HeI λ 5876	0.158
H α	2.740
[SII] λ 6717	0.206
[SII] λ 6731	0.149
$f(H_\beta) (\times 10^{-15})$	2.62
A. Eq. (H_β)	122.3

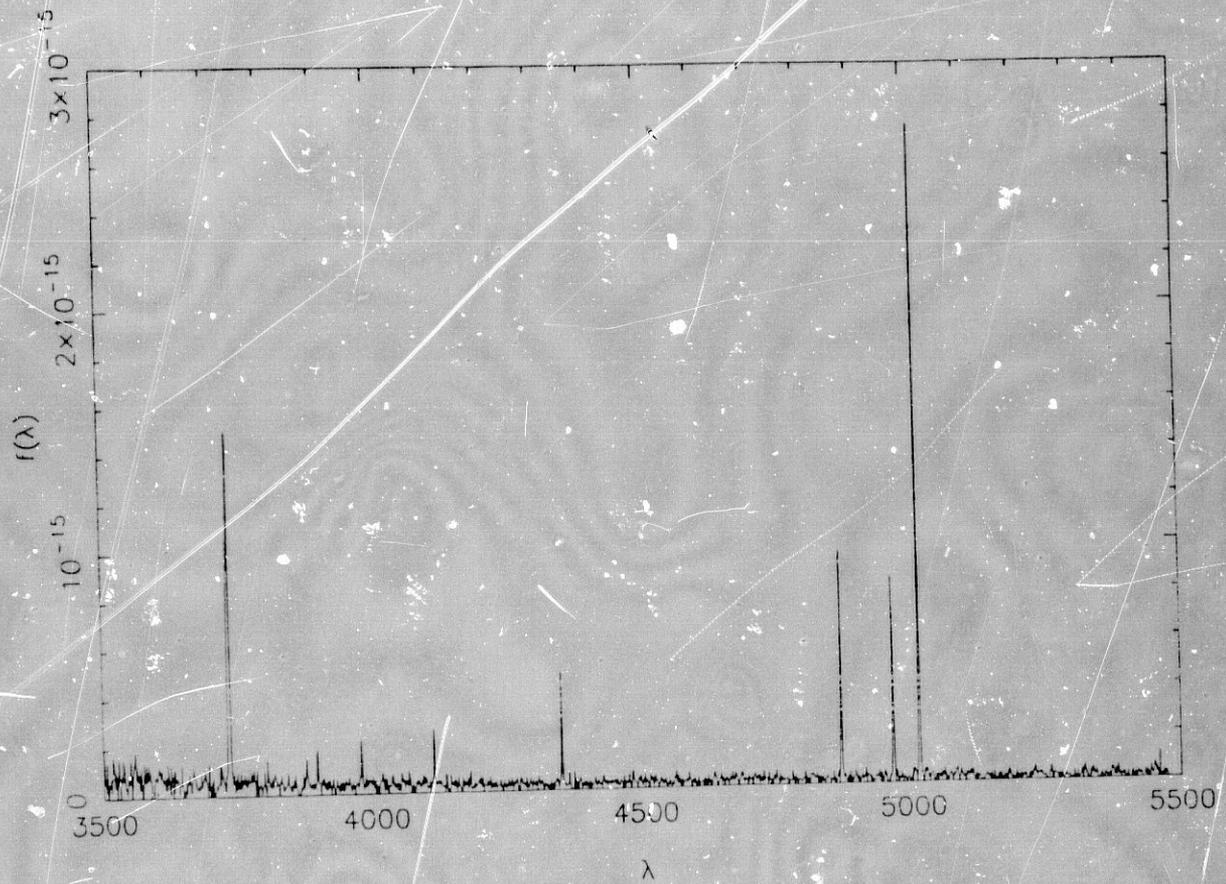


Figura 2.1. Espectro de la región HII estudiada en Sextans B. Rango azul.

Las relaciones de intensidades de las líneas de los dobletes del [SII] λ 6717+6731 y [OIII] λ 3726+3729, indican que, al igual que en GR 8, nos encontramos en el límite de bajas densidades electrónicas. Como ya se dijo en el capítulo anterior, aunque no es posible hacer una determinación precisa de la misma, en este límite, su valor no afecta significativamente a los resultados que se obtengan para las abundancias. Stasińska Comte y Vigroux (1986) han observado la misma región HII que nosotros, obteniendo una densidad electrónica de 1600 cm^{-3} , a partir de las líneas del doblete de [SII] λ 6717+6731. Sin embargo, los errores que estiman estos autores en sus espectros son suficientes como para explicar esta discrepancia.

La temperatura electrónica calculada, a partir de la relación de intensidades $\frac{[\text{OIII}]\lambda\lambda 4959+5007}{[\text{OIII}]\lambda 4363}$, es de 10800°K para el caso $C_\beta=0$ y de 11200°K , para el de $C_\beta=0.25$. En la tabla 2.3 se dan las abundancias iónicas calculadas para ambos valores de C_β . En ambos casos la metalicidad alcanza un valor de $Z=1/6Z_\odot$, siendo su incertidumbre de alrededor de un 45%, debida, fundamentalmente, a la de la intensidad de la línea de [OIII] λ 4363, determinada como se dijo en el punto 1.2. La temperatura efectiva del cúmulo ionizante, según los modelos de Stasińska (1982), es de 36000°K , que corresponde a una estrella O7 de secuencia principal. El valor del flujo H_β que se obtiene ($\log f(H_\beta) = 35.5$) es compatible con la existencia de una sola estrella ionizante.

Tabla 2.3. Abundancias iónicas.

	$C_\beta=0$	$C_\beta=0.25$
$\left[\frac{\text{O}^+}{\text{H}}\right]$	6.8×10^{-5}	7.5×10^{-5}
$\left[\frac{\text{O}^{++}}{\text{H}}\right]$	6.2×10^{-5}	5.5×10^{-5}
$\left[\frac{\text{Ne}^{++}}{\text{O}^{++}}\right]$	8.68×10^{-6}	-
$\left[\frac{\text{He}}{\text{H}}\right]_{\lambda 4471}$	0.067	0.096
$\left[\frac{\text{He}}{\text{H}}\right]_{\lambda 5876}$	0.124	0.140

Es de resaltar la no detección de $[\text{NII}]\lambda 6584$, que puede explicarse fácilmente por la mala relación señal-ruido del espectro rojo. Por lo que se refiere a la abundancia de He^+ , oscila entre el 21% y el 33% en masa, si se considera $C_\beta = 0$ y los resultados derivados de la línea de $\text{HeI}\lambda 4471$ o de $\text{HeI}\lambda 5876$, siendo sus incertidumbres de un 60% y un 35%, respectivamente. Puesto que la segunda se encuentra en el espectro rojo, el cálculo se ha hecho refiriendo su intensidad a $\text{H}\alpha$. Asignándole un peso doble a la segunda determinación, en base a la mejor relación señal-ruido de la línea de $\text{HeI}\lambda 5876$, se obtiene una abundancia del 29%. Este valor debe ser corregido para tener en cuenta el He^0 . Utilizando la ecuación dada por Kunth y Sargent (1983) (de la que se obtiene un factor de corrección de 1.15) se obtiene una abundancia de $\text{He}^0 + \text{He}^+$ de un 32%.

Al igual que en el caso de GR8 (véase punto 1.3), el resultado obtenido para la metalicidad de Sextans B, en unión a su masa total ($5.5 \times 10^8 M_\odot$ para un módulo de distancia de 25.6 y según datos de 21 cm de Fisher y Tully, 1981), confirma la parametrización dada por Talent (1980) para la relación masa-metalicidad.

2.4. CONCLUSIONES.

1. Al igual que en el capítulo 1, el resultado fundamental que se aporta en éste es el de la metalicidad de Sextans B, que resulta ser 1/6 de la solar.

2. A partir de los desplazamientos al rojo de las líneas más intensas de nuestro espectro, se obtienen unas velocidades de recesión heliocéntrica y galactocéntrica para Sextans B de 268 ± 4 Km/s y 123 ± 4 Km/s, respectivamente.

3. Según los modelos de Stasíńska (1982), la excitación y flujo H_{β} de la región HII observada son compatibles con la existencia de una sóla estrella ionizante de secuencia principal y tipo espectral O7.

4. La abundancia de He obtenida es del 32% en masa.

5. La metalicidad obtenida para Sextans B confirma la parametrización de la relación masa total-metalicidad dada por Talent (1980).

PARTE II

FOTOMETRIA

3. SEXTANS A

3.1. INTRODUCCION

Sextans A (DDO 75, A 1008-04) es una galaxia irregular enana perteneciente al Grupo Local. Fue descubierta por Baade en 1940 (véase Hubble, 1940), que estimó su distancia en 1.1 millones de años-luz. En las imágenes de ella dadas por Hubble (1940) y Zwicky (1942, 1957) aparece como una galaxia de bajo brillo superficial con gran cantidad de estrellas resueltas y una morfología muy peculiar, en forma de cuadrado, pero sin ningún otro tipo de estructura, a excepción de la existencia de una barra incipiente que la atraviesa y que ha sido indicada por varios autores. En particular, la barra se aprecia claramente en la imagen publicada por Fisher y Tully (1979). Su magnitud aparente es $m_B = 11.87$ y su índice de color, $(B - V) = 0.33$ (de Vaucouleurs *et al.*, 1976).

Las primeras medidas fotométricas de estrellas individuales de Sextans A fue llevada a cabo por Sandage y Carlson (1982), que obtuvieron fotometría B y V de 67 estrellas utilizando la técnica de Argelander sobre placa fotográfica. Posteriormente, Hoessel, Schommer y Danielson (1983; HSD en lo sucesivo) publicaron fotometría CCD en las bandas GRI del sistema de Gunn de 652 estrellas, no todas medidas en las tres bandas. La mala correspondencia entre ambas escalas fotométricas indujo a Sandage y Carlson a revisar su calibración, lo que les llevó a presentar unos nuevos datos corregidos de Sextans A, conjuntamente con Sextans B (Sandage y Carlson, 1985; SC en lo sucesivo). Precisamente, a partir de la relación periodo-luminosidad (P-L) de las cefeidas presentes en ambas galaxias, obtuvieron un valor para el módulo de distancia de 26.2 ± 0.2 , asumiendo que Sextans A y Sextans B constituyen un sistema doble. Esto corresponde a una distancia de 1.74 ± 0.16 Mpc, lo que sitúa a ambas galaxias en los límites del Grupo Local

e implica una magnitud absoluta intrínseca para Sextans A de $M_B = -14.33$. Teniendo en cuenta su tamaño angular, el brillo superficial medio es $\mu_B = 23.57 \text{ m}/(\text{''})^2$ o, utilizando la transformación $m_{pg} = B - 0.11$, $\mu_{pg} = 23.46 \text{ m}/(\text{''})^2$.

Walker (1987; en lo sucesivo W87), ha presentado fotometría CCD *BV* de 246 estrellas de Sextans A, con el fin primordial de determinar los errores sistemáticos que se hallan presentes en las escalas fotométricas anteriores, encontrando diferencias y efectos de color que afectan a la determinación del módulo de distancia de Sextans A a partir de la relación P-L de las cefeidas, que este autor estima en 26.0 ± 0.4 .

Sextans A es un sistema rico en gas, como se desprende de los datos de HI aportados por Fisher y Tully (1975 y 1981) y por Hutchmeier, Seiradakis y Materne (1981); con una relación M_{HI}/L_{pg} de 1.4 y un contenido total de HI de $7 \times 10^7 M_\odot$, ambos valores dados en unidades solares.

HSD encontraron que su función de luminosidad es similar a la de la Nube Grande de Magallanes y a la de nuestra galaxia, pero que Sextans A está experimentando un proceso de formación estelar más importante que la Nube Pequeña de Magallanes, aún siendo similares las tasas de formación estelar de ambos sistemas.

En este capítulo se presenta fotometría *BV* de 2279 estrellas de Sextans A, 1571 de las cuales han sido también medidas en *U* y está basado en lo publicado por Aparicio *et al.* (1987). La mayor profundidad de las imágenes obtenidas por nosotros en comparación con las de anteriores trabajos, nos permite extender la función de luminosidad a límites más débiles. Se han encontrado diferencias con las escalas fotométricas anteriores; sobre todo, con las medidas de SC.

3.2. OBSERVACIONES, REDUCCION DE DATOS Y RESULTADOS.

En las noches del 25 al 27 de Febrero de 1985 fueron obtenidas por nosotros imágenes CCD de Sextans A en el foco primario del telescopio de 4 m del Cerro Tololo Interamerican Observatory (CTIO) (Chile). El diario de observaciones se presenta en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Diario de observaciones.

Fecha	Filtro	Parte	N° de imágenes	Exposición (s)
25.2.85	U	A	2	1600
		B	4	2100
26.2.85	B	A	4	1200
		B	8	1200
	V	A	4	1200
		B	11	1100
27.2.85	B	A	3	1200
		B	3	450
	V	A	3	1200
		B	4	600

Dado el tamaño angular de Sextans A, fue necesario dividirla en dos partes para cubrirla completamente. Estas dos partes se han señalado como A y B en la figura 3.1. Los tiempos de exposición de la parte B se encontraron limitados por la presencia de una estrella brillante que saturaba la cámara rápidamente. Esto obligó a realizar una serie de exposiciones más cortas que fueron posteriormente sumadas. El mayor ruido de lectura derivado del mayor número de exposiciones unido a la

saturación producida por la estrella, que afecta a una extensión importante de la imagen, hace que la completitud de la muestra de estrellas observadas en la región B sea menor. El tiempo total de exposición para la región A fue de 1600 s en *U* y 2400 s en *B* y *V*; y para la región B, de 2100 s en *U*, 1650 s en *B* y 1700 s en *V*.

Las condiciones de observación fueron siempre bastante buenas, con un *seeing* comprendido entre 1 y 1.3 segundos de arco excepto en la segunda noche, en que subió hasta 2 segundos de arco durante cortos intervalos.

Las correcciones de *bias*, *flat-field* y *fringes* de las imágenes, así como la suma de las diferentes exposiciones de cada noche fueron llevadas a cabo en el CTIO utilizando las facilidades del paquete *Mountain Photometry*, gentilmente puesto a nuestra disposición. Todas las reducciones subsiguientes fueron realizadas con el VAX 11/750 del *Instituto de Astrofísica de Andalucía*.

La obtención de las magnitudes de las estrellas de Sextans A fue llevada a cabo mediante el siguiente proceso: primeramente fueron obtenidos los flujos relativos de las estrellas dentro de una misma imagen mediante el ajuste de una *point spread function* (PSF) a los perfiles estelares, técnica que se halla incluida en el paquete DAOPHOT (amablemente facilitado por el Dr. P. Stetson) (Stetson, 1987), especialmente diseñado para la reducción de imágenes en que, como las de Sextans A, existen importantes solapamientos entre las estrellas. Posteriormente, estos flujos fueron transformados a los correspondientes flujos multiapertura, en base a la relación PSF-multiapertura encontrada para estrellas brillantes y aisladas (fueron utilizadas entre 5 y 9) en cada una de las imágenes. Estos flujos multiapertura, equivalentes a los obtenidos en una fotometría fotoeléctrica, fueron entonces corregidos de extinción y transformados al sistema *standard* de Johnson. La corrección de extinción fue determinada noche por noche mediante la observación de 15 estrellas *standard* de las listas de Graham (1982) y Landolt (1973).

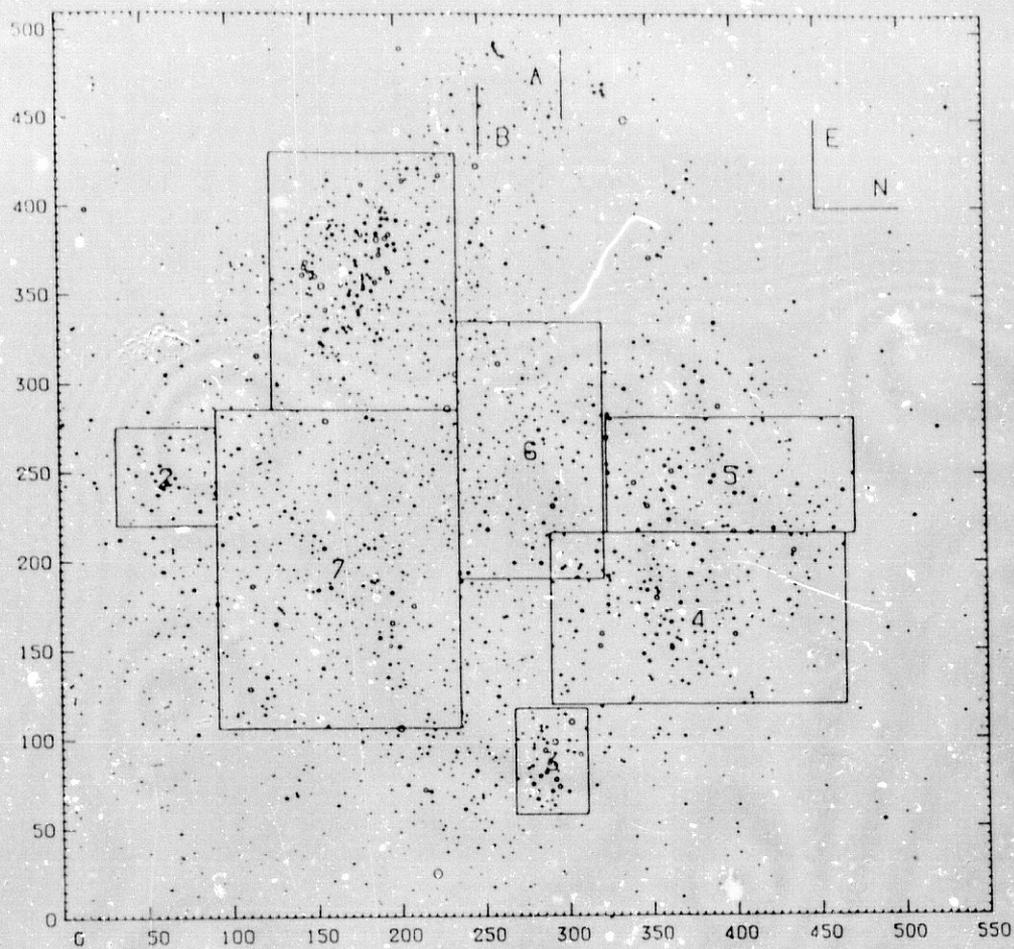


Figura 3.1. Estrellas observadas en Sextans A. Han sido señaladas las partes A y B así como las diferentes regiones a que se hace referencia en el texto. Las escalas se refieren a los *pixeles* de una imagen CCD. El tamaño de los círculos hace referencia a las magnitudes aparentes de las estrellas.

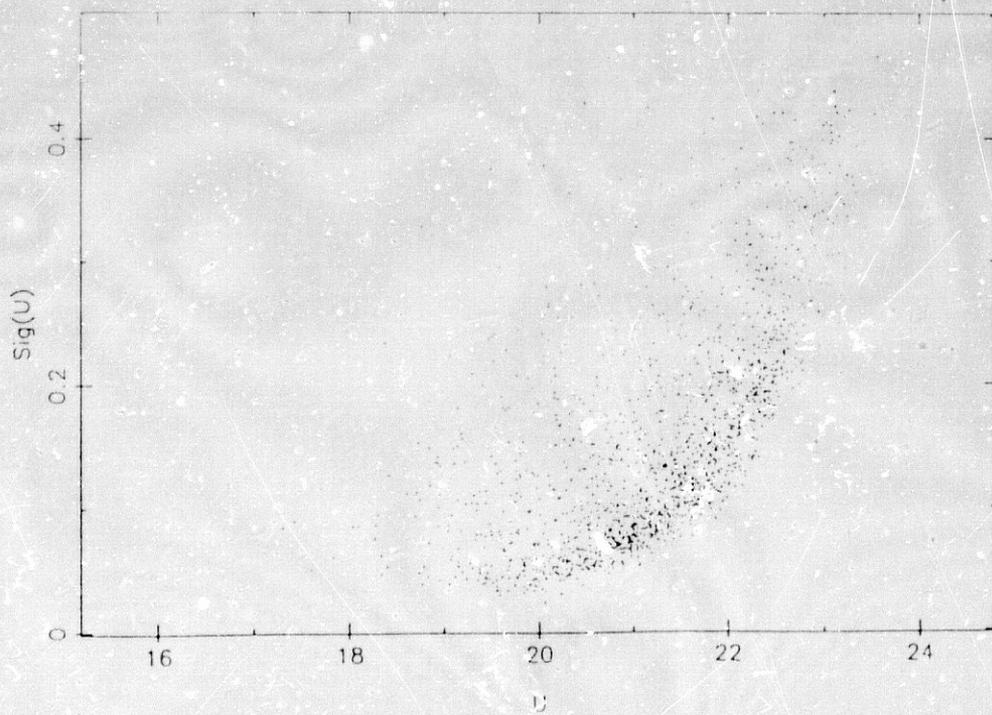
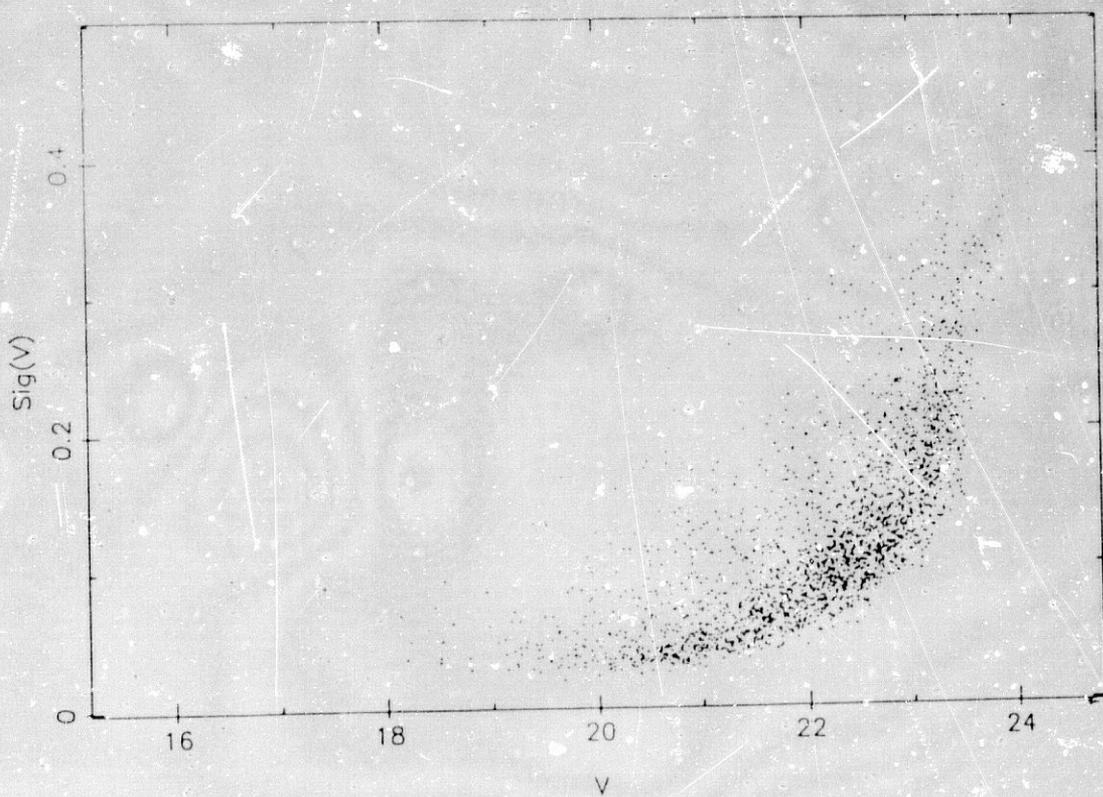
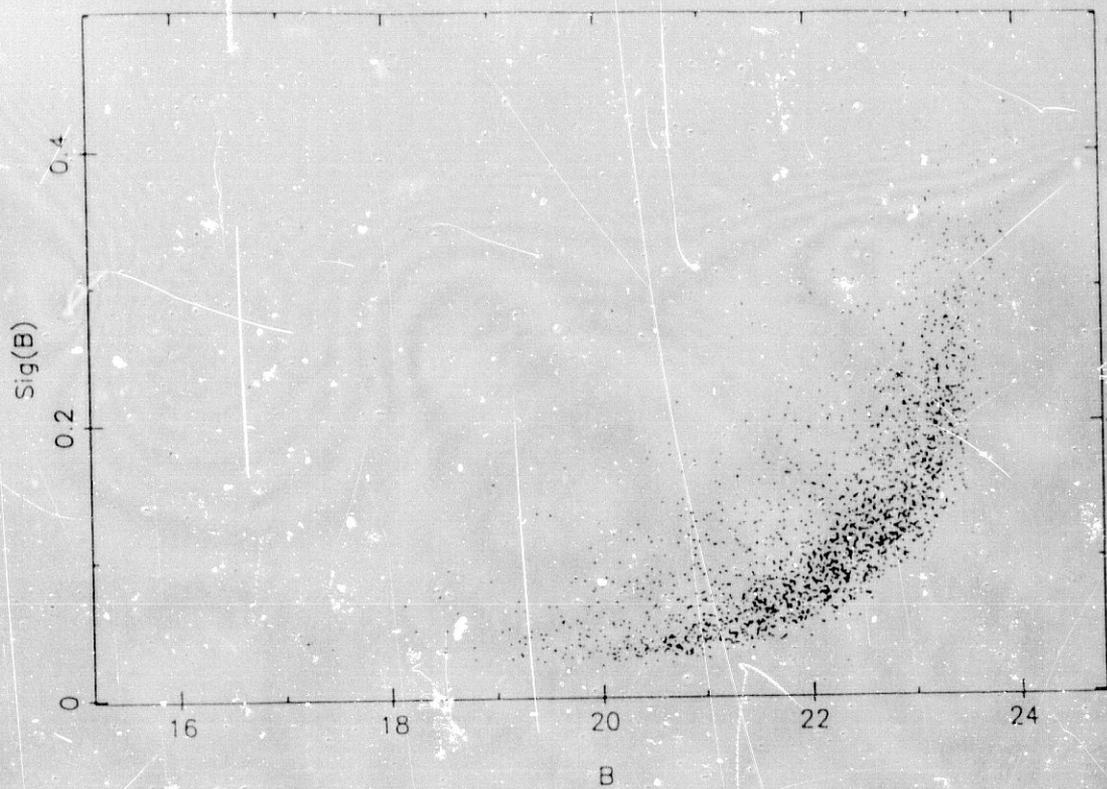


Figura 3.2a. Distribución de errores dados por el ajuste de PSF en función de las correspondientes magnitudes.



Figuras 3.2b y 3.2c. Distribución de errores dados por el ajuste de PSF en función de las correspondientes magnitudes.

La transformación de las magnitudes instrumentales así obtenidas al sistema UB ν de Johnson, fue llevada a cabo mediante las ecuaciones:

$$V - v = -0.057(\pm 0.007) - 0.016(\pm 0.011) \times (B - V) \quad s = 0.019$$

$$(b - v) = -0.015(\pm 0.004) + 0.915(\pm 0.005) \times (B - V) \quad s = 0.009$$

$$(u - b) = 2.160(\pm 0.004) + 1.005(\pm 0.014) \times (U - B) \quad s = 0.011$$

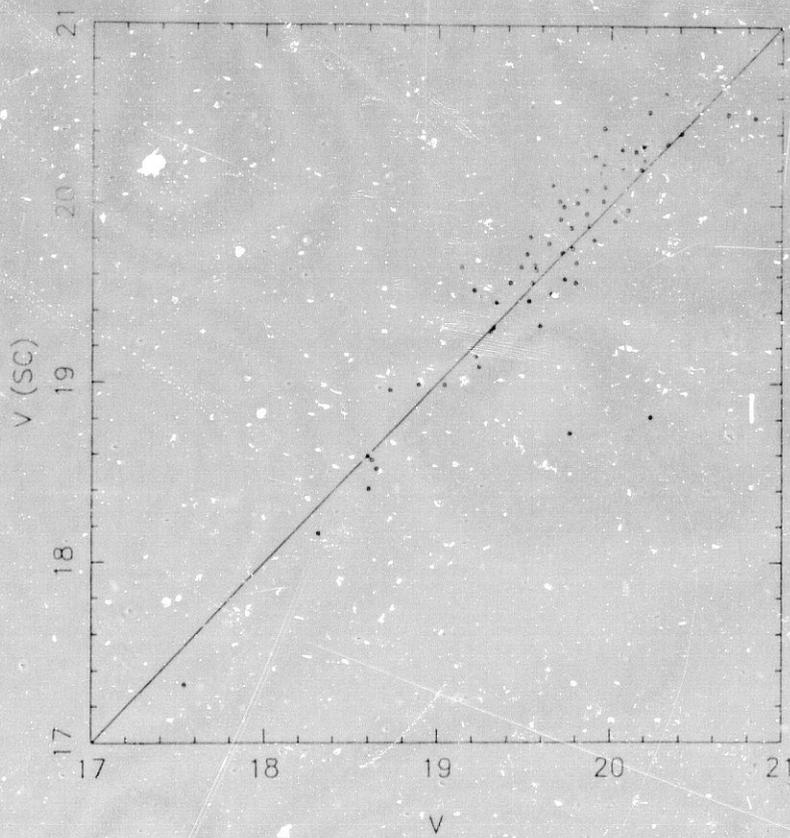
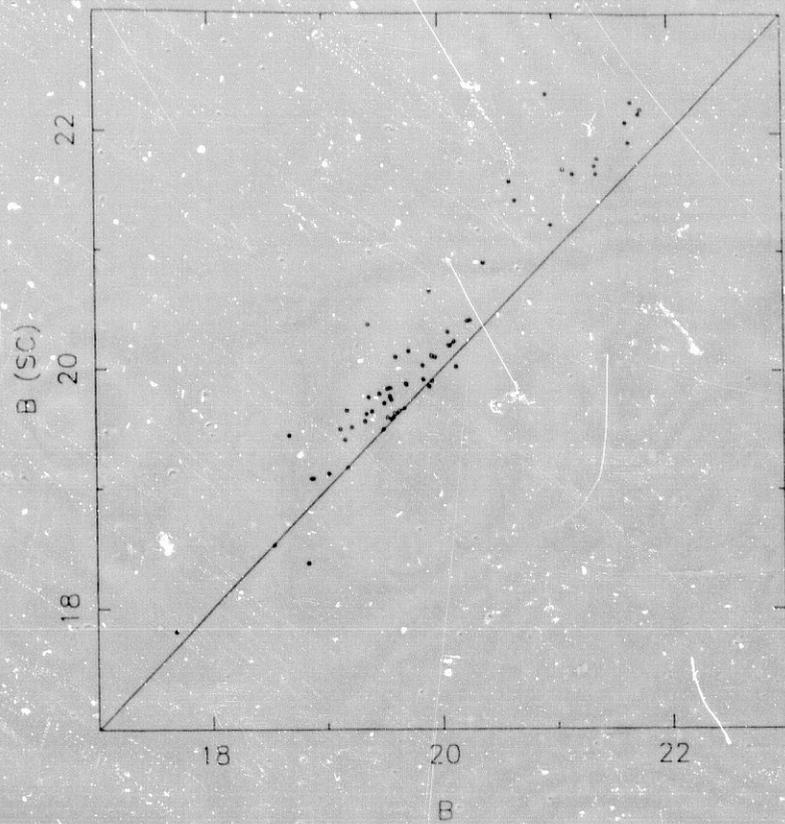
donde las letras mayúsculas se refieren a magnitudes *standard* y las minúsculas, a magnitudes instrumentales, siendo s el error medio cuadrático de los ajustes. El proceso aquí descrito es el mismo utilizado por GR 8 y DDO 187, las otras dos galaxias que se han estudiado fotométricamente en esta tesis.

Los errores correspondientes al ajuste de la PSF, los más importantes, se dan en las figuras 3.2a, 3.2b y 3.2c en función de las magnitudes. Considerando sólo medidas con errores menores que 0.3 magnitudes, los límites de nuestra fotometría, deducibles de estas figuras, son $U=23.1$, $B=23.7$ y $V=23.6$.

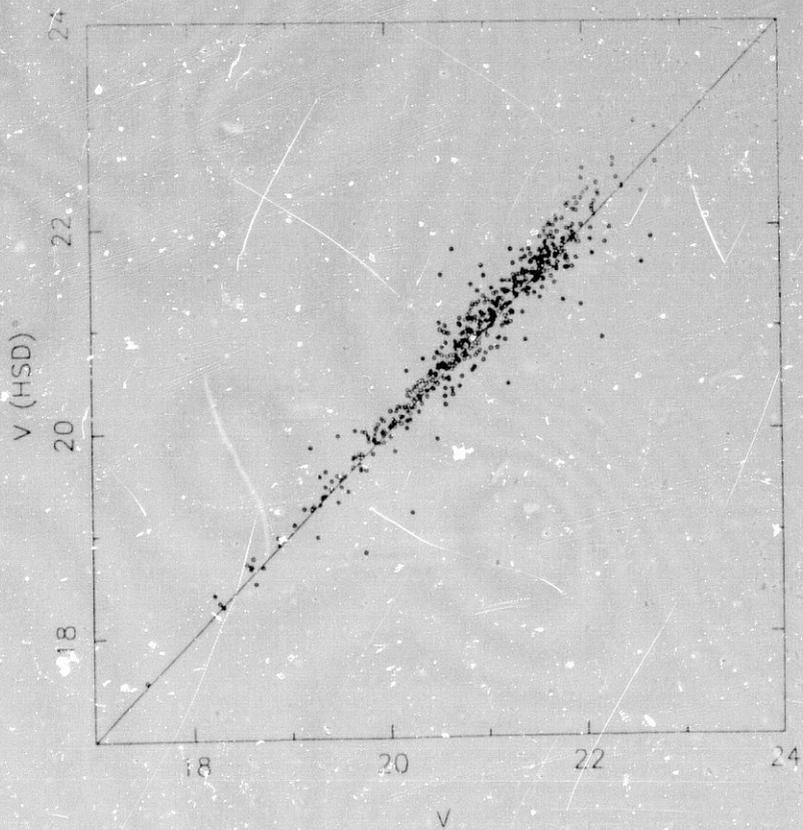
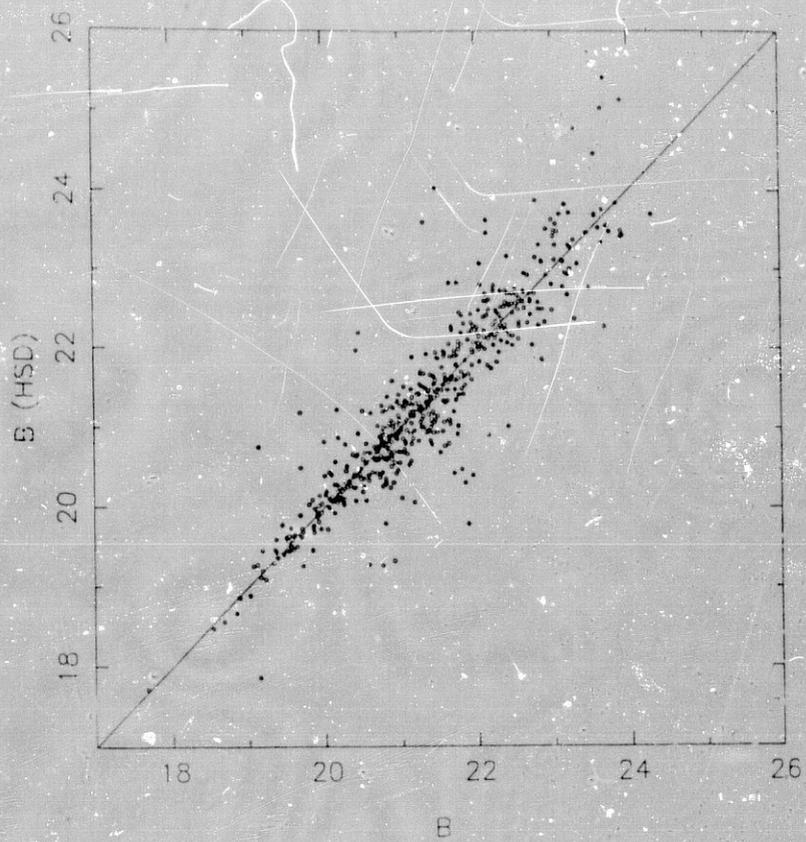
Para la extinción galáctica en la dirección de Sextans A hemos adoptado el valor de $E(B - V) = 0.03$ a partir de Burstein y Heiles (1982). Las magnitudes V y los índices de color $(U - B)$ y $(B - V)$ de las estrellas detectadas, ya corregidos de la antedicha extinción, junto con sus correspondientes errores, se dan en la tabla A2.1 (apéndice 2). En ellas, las estrellas se identifican por el mismo número que aparece en las cartas de identificación (figuras A2.1a a A2.1m, apéndice 2).

Con el fin de detectar las diferencias existentes entre nuestra fotometría y las de SC, HSD y W87, hemos comparado los datos dados por estos autores con los obtenidos por nosotros para las estrellas comunes. En el caso de HSD, las magnitudes BV se han obtenido transformando las GRI mediante las relaciones dadas por Hoessel y Melnick (1980). Estas comparaciones pueden verse en las figuras 3.3a, 3.3b, 3.4a, 3.4b, 3.5a y 3.5b. En las tablas 3.2a, 3.2b y 3.2c se presentan (números en negrita) los valores medianos de las diferencias entre las

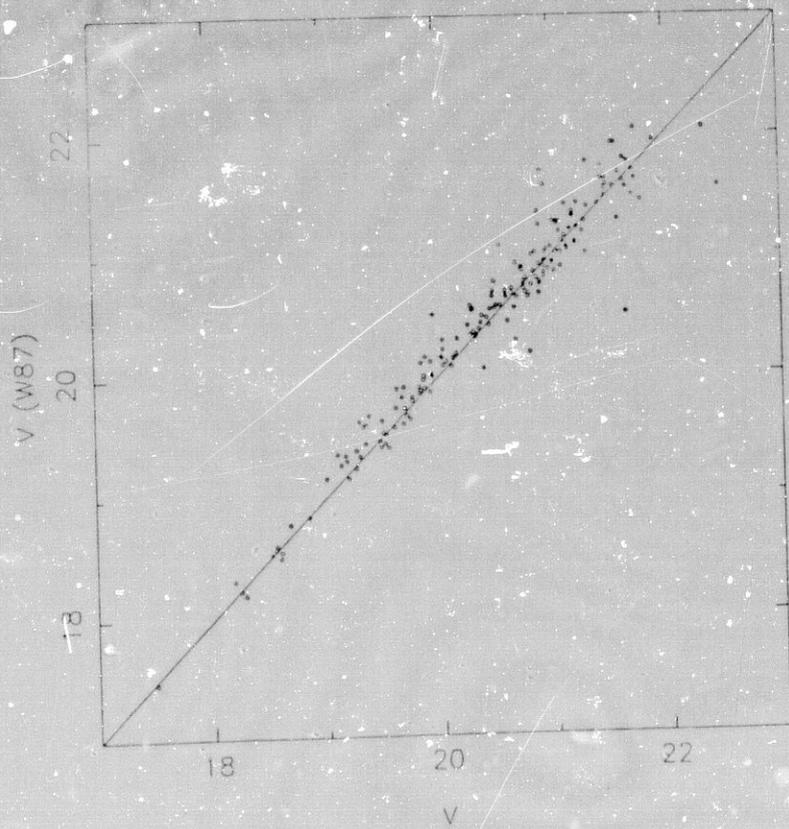
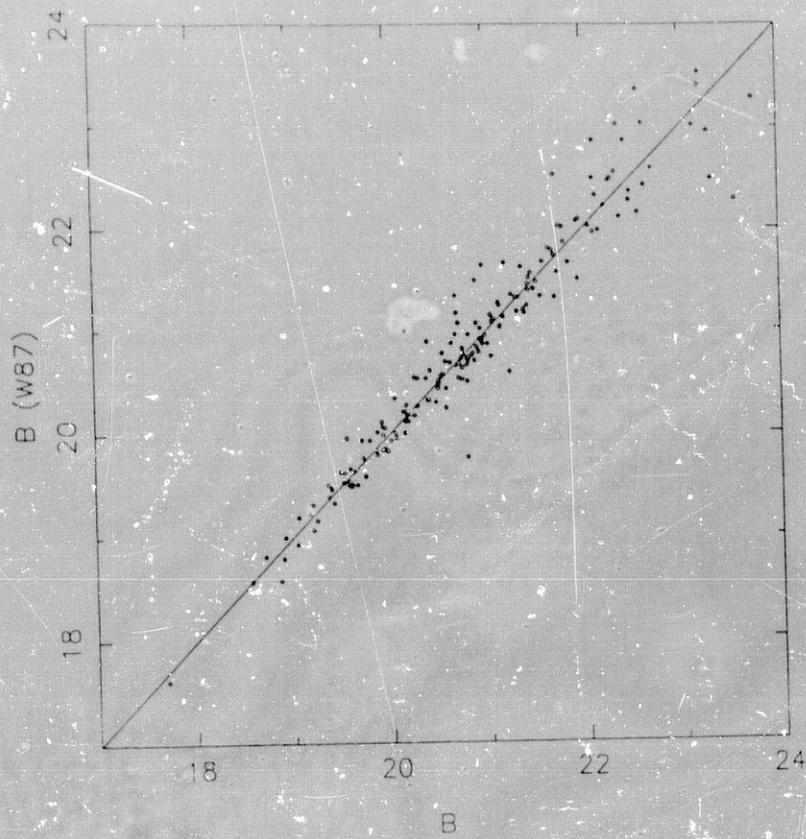
magnitudes B y V que dan los citados autores y las nuestras. Se entiende que los valores que se dan son positivos cuando el valor de la magnitud dado por el correspondiente autor es mayor que el nuestro. En la primera línea de cada subtabla se dan los criterios restrictivos impuestos a las magnitudes obtenidas por nosotros para la selección de las estrellas a comparar, encabezándose con s/r cuando no se ha puesto restricción. Análogamente, en la primera columna, se dan los correspondientes criterios para la selección por índice de color. Los valores que figuran entre paréntesis son el número de estrellas considerado y la desviación típica de la correspondiente muestra. En la comparación con HSD se ha eliminado la estrella número 1164 que da valores muy dispares. En la comparación con W87, además de la anterior, se ha prescindido también de la 340, por el mismo motivo. En todos los casos existen efectos de color, siendo la correspondencia con los datos de HSD, la mejor, a pesar de la transformación del sistema fotométrico de Gunn al de Johnson a la que hay que someterlos. Existe, no obstante, un cierto efecto de color en las magnitudes V . En el caso de W87, el efecto de color más importante se produce en las magnitudes B para las estrellas más débiles y más rojas, para las que la fotometría de este autor está cerca del límite. Revisten especial importancia las grandes diferencias de escala y efectos de color que resultan de la comparación con SC, posiblemente debidos a la utilización de placa fotográfica y fotometría de Argelander por estos autores. Estas diferencias afectan notablemente al módulo de distancia obtenido a partir de las relaciones P-L de las cefeidas, cuyas curvas de luz sólo han sido determinadas por SC. Volveremos sobre este tema en el punto 3.4.



Figuras 3.3a y 3.3b. Comparación con la escala fotométrica B y V de SC.



Figuras 3.4a y 3.4b. Comparación con la escala fotométrica B y V de HSD.



Figuras 3.5a y 3.5b. Comparación con la escala fotométrica B y V de W87.

Tabla 3.2a. Comparación de nuestra escala fotométrica con la de SC.

		<u>B_{SC}-B</u>		
		s/r	B < 20.5	B ≥ 20.5
	s/r	0.23 (63*, d.t. 0.29)	0.19 (49*, d.t. 0.24)	0.45 (14*, d.t. 0.31)
	(B-V) ≥ 0.9	0.43 (14*, d.t. 0.22)		
	(B-V) ≤ 0.9	0.20 (49*, d.t. 0.29)		

		<u>V_{SC}-V</u>		
		s/r	V < 20.0	V ≥ 20.0
	s/r	0.06 (61*, d.t. 0.19)	0.07 (47*, d.t. 0.19)	0.04 (14*, d.t. 0.19)
	(B-V) ≥ 0.9	-0.12 (14*, d.t. 0.19)	-0.14 (8*, d.t. 0.24)	0.00 (8*, d.t. 0.12)
	(B-V) ≤ 0.9	0.10 (47*, d.t. 0.18)	0.10 (39*, d.t. 0.17)	0.01 (8*, d.t. 0.22)

Tabla 3.2b. Comparación de nuestra escala fotométrica con la de HSD.

<u>B_{HSD}-B</u>			
	s/r	B < 21.0	B ≥ 21.0
s/r	-0.01 (582*, d.t. 0.44)	-0.01 (346*, d.t. 0.49)	-0.01 (236*, d.t. 0.38)
(B-V) ≥ 0.9	-0.02 (141*, d.t. 0.42)	-0.02 (215*, d.t. 0.53)	0.00 (10*, d.t. 0.40)
(B-V) ≤ 0.9	-0.00 (441*, d.t. 0.43)	0.00 (215*, d.t. 0.53)	-0.01 (226*, d.t. 0.38)

<u>V_{HSD}-V</u>			
	s/r	V < 21.0	V ≥ 21.0
s/r	0.07 (582*, d.t. 0.20)	0.07 (303*, d.t. 0.21)	0.07 (279*, d.t. 0.20)
(B-V) ≥ 0.9	0.15 (141*, d.t. 0.17)	0.14 (82*, d.t. 0.16)	0.18 (59*, d.t. 0.18)
(B-V) ≤ 0.9	0.04 (441*, d.t. 0.21)	0.04 (221*, d.t. 0.21)	0.05 (220*, d.t. 0.20)

Tabla 3.26. Comparación de nuestra escala fotométrica con la de W87.

<u>B_{W87}-B</u>			
	s/r	B < 21.0	B ≥ 21.0
s/r	-0.02 (186*, d.t. 0.27)	-0.01 (70*, d.t. 0.34)	-0.02 (116*, d.t. 0.22)
(B-V) ≥ 0.9	0.05 (38*, d.t. 0.41)	-0.03 (29*, d.t. 0.40)	0.24 (9*, d.t. 0.47)
(B-V) ≤ 0.9	-0.02 (148*, d.t. 0.22)	0.02 (41*, d.t. 0.29)	-0.02 (107*, d.t. 0.18)

<u>V_{W87}-V</u>			
	s/r	V < 21.0	V ≥ 21.0
s/r	0.04 (193*, d.t. 0.21)	0.02 (56*, d.t. 0.27)	0.05 (137*, d.t. 0.17)
(B-V) ≥ 0.9	0.06 (38*, d.t. 0.26)	0.03 (14*, d.t. 0.35)	0.08 (24*, d.t. 0.18)
(B-V) ≤ 0.9	0.03 (148*, d.t. 0.19)	0.02 (42*, d.t. 0.23)	0.04 (106*, d.t. 0.18)

3.3. DIAGRAMAS COLOR-COLOR Y COLOR-MAGNITUD.

El diagrama C-C de Sextans A (figura 3.6a) muestra la presencia de una gran cantidad de estrellas azules tanto de secuencia principal como de clases de luminosidad más altas. A la distancia de Sextans A, nuestros límites de magnitud implican que sólo pueden haber sido detectadas supergigantes, gigantes brillantes y estrellas de secuencia principal más tempranas que B1 o B0. En particular, no puede haber estrellas gigantes rojas poblando nuestro diagrama, debido a que su brillo intrínseco no es suficiente.

De la mayor dispersión de puntos que se aprecia en la parte alta del diagrama C-C puede deducirse que las estrellas de secuencia principal empiezan a aparecer aproximadamente para $(U - B) = -0.82$. A partir de cuentas sobre este diagrama, hechas por encima y por debajo de este valor de $(U - B)$, se puede estimar la relación entre el número de estrellas de secuencia principal y el de estrellas pertenecientes a clases de luminosidad más altas. Para estrellas con $(U - B) \leq -0.82$ esta relación es de 0.5.

La mayor dispersión de los puntos situados a la derecha de la parte azul de la secuencia principal puede ser interpretada como un efecto del enrojecimiento interno de Sextans A. Dada la dispersión interna de los datos, no es posible determinar el enrojecimiento de las estrellas tomadas individualmente. Volveremos más adelante, en el capítulo 6, sobre esta cuestión, haciendo notar solamente, de momento, que la subsiguiente discusión acerca del diagrama C-C no se altera significativamente por la consideración o no de los efectos de enrojecimiento interno. De hecho, estadísticamente, este efecto aparece diluído en la dispersión de la distribución de puntos.

En la figura 3.6b, presentamos el diagrama C-M ($B - V, V$) de Sextans A. Aparecen dibujadas también isocronas para diferentes edades, interpoladas a partir

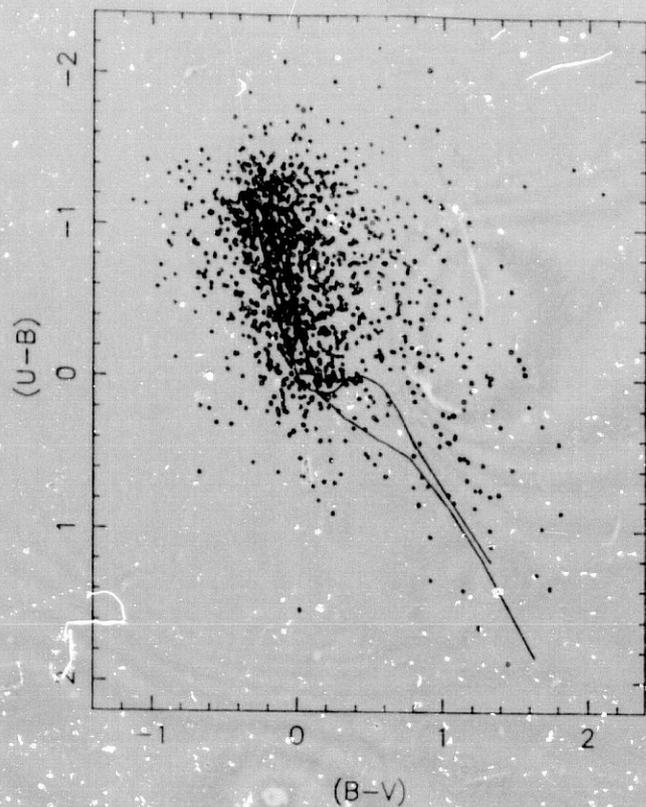


Figura 3.6a. Diagrama color-color. Las líneas muestran la secuencia principal y la clase de luminosidad Iab.

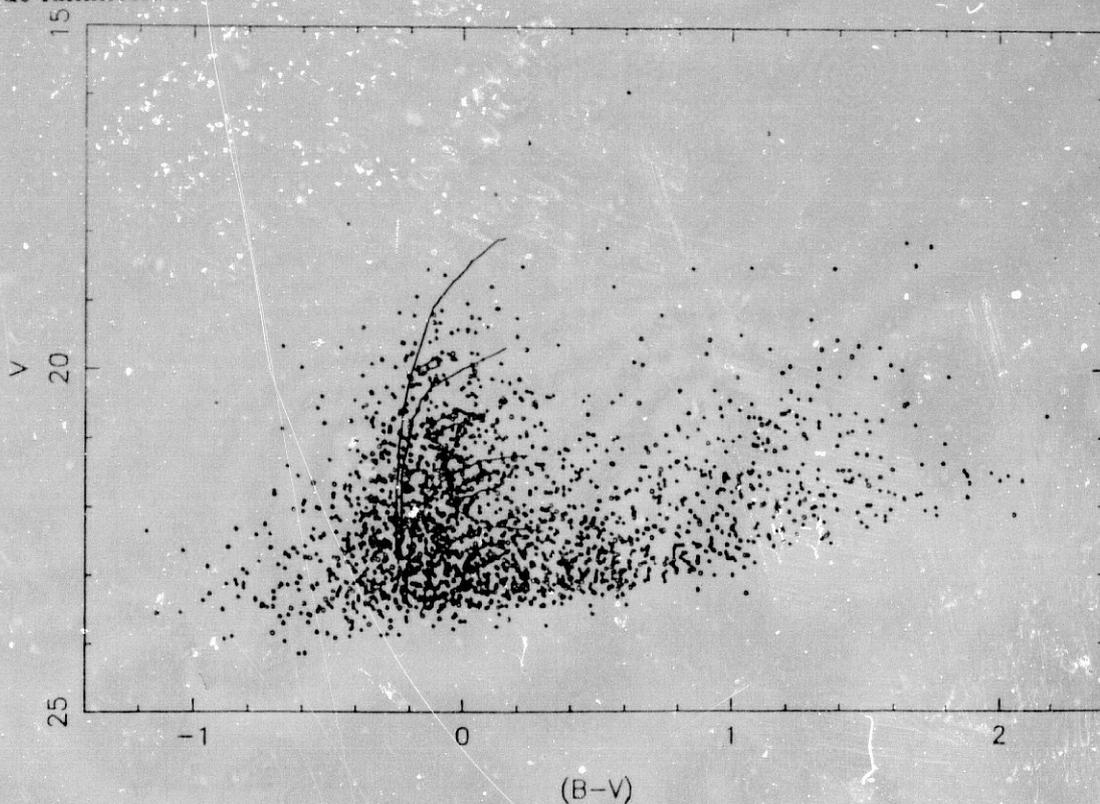


Figura 3.6b. Diagrama (B-V)-V. Se han representado las isocronas correspondientes a estrellas de 9, 14, 25 y 40 millones de años de edad, interpoladas de los modelos de Maeder y Mermilliod (1981) y Mermilliod y Maeder (1986). Se han representado, asimismo, los bucles azules correspondientes a 14, 25, 40 y 80 millones de años.

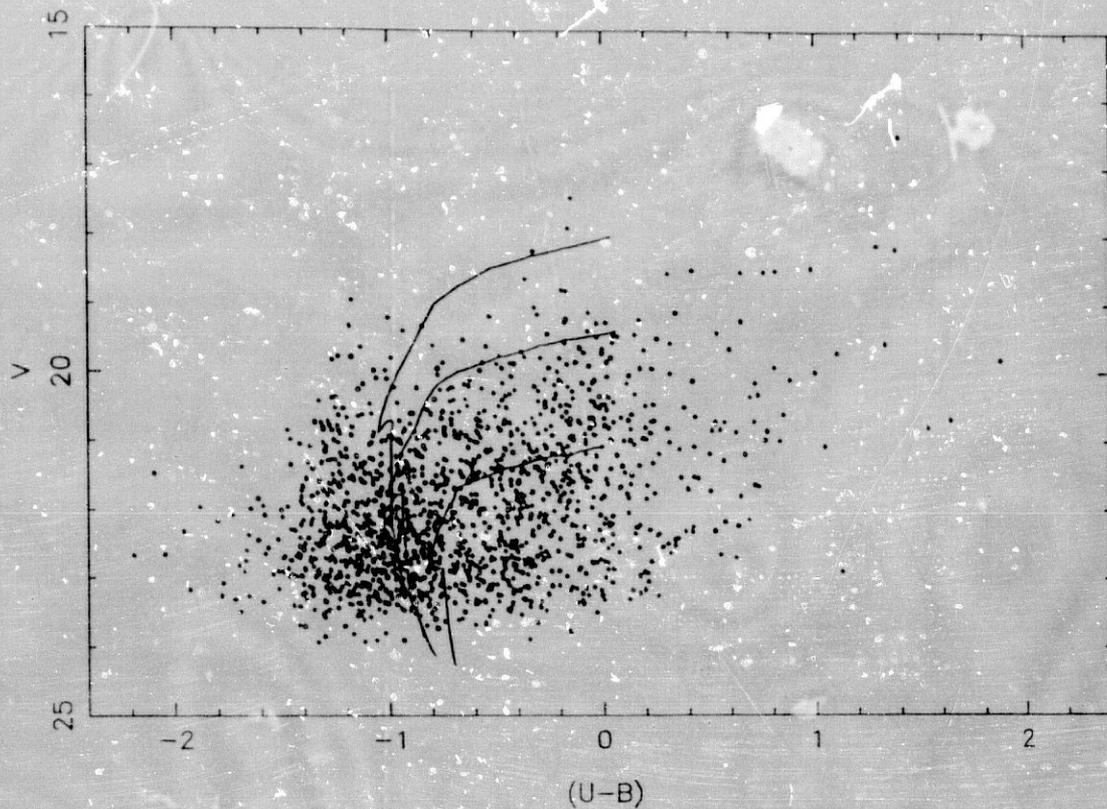


Figura 3.6c. Diagrama (U-B)-V. Se han representado las isocronas correspondientes a estrellas de 9, 14 y 25 millones de años de edad, tomadas de los modelos de Mermilliod y Maeder (1986).

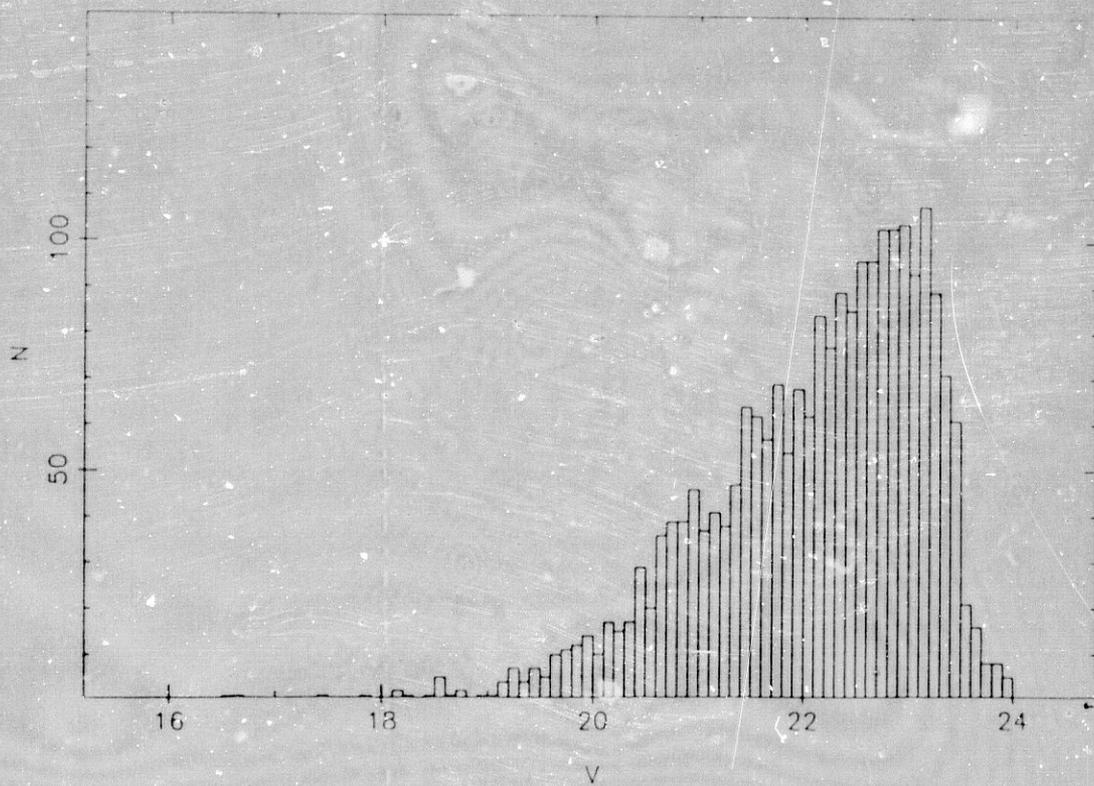


Figura 3.7. Distribución de las magnitudes V de las estrellas resueltas en Sextans A.

de las dadas por Maeder y Mermilliod (1981) y Mermilliod y Maeder (1986). Los bucles azules (véase estas dos últimas referencias) de las isocronas pueden apreciarse densamente poblados de estrellas, de acuerdo con las deducciones de estos autores, así como el lugar común de la parte más azul de estos bucles. Las edades correspondientes a las isocronas dibujadas son aproximadamente 9, 14, 25-30, 40-50 y 80-100 millones de años, respectivamente. En la parte superior del diagrama se aprecia también claramente delineada la traza de la evolución inmediatamente posterior al *turn-off* de las estrellas más masivas.

Los puntos de *turn-off* pueden apreciarse con más claridad en el diagrama $(U-B, V)$, presentado en la figura 3.5c, donde se ha incluido un grupo de isocronas tomadas también de Mermilliod y Maeder (1986). El lugar común de los puntos de *turn-off* para diferentes edades aparece claramente en el diagrama, indicando que la formación estelar en Sextans A es continua, si se consideran escalas de tiempo superiores a 15 ó 20 millones de años, y que en los últimos 100 millones de años la galaxia ha experimentado varios procesos de formación estelar. La zona evolutiva posterior a los puntos de *turn-off* aparece bastante poblada de estrellas (ver figura 3.6b), también de acuerdo con las investigaciones de Mermilliod y Maeder (1986) que encuentran un exceso de ellas en esta parte del diagrama con respecto a las predicciones teóricas. Es necesario notar, de cualquier modo, que el análisis llevado a cabo por Maeder y Mermilliod fue hecho para metalicidades solares, mientras que Sextans A debe tener una metalicidad menor, posiblemente similar a la de Sextans B (véase capítulo 2).

HSD han argumentado que una importante parte de la población roja ($(B - V) \geq 1.5$) de Sextans A podría estar constituida por estrellas de carbono similares a las que aparecen en las Nubes de Magallanes. En el diagrama $(B - V, V)$ (figura 3.6b) se puede ver que para $(B - V) \geq 1.5$ el límite de la muestra es de $V \leq 22.2$ magnitudes o $M_V \leq -3.4$. En tanto que las estrellas de carbono son típicamente más brillantes que $M_I = -4$ (Blanco *et al.*, 1980) ($M_V = -2$), puede haber realmente algunas estrellas de carbono presentes en nuestro diagrama. De cualquier

modo, las estrellas candidatas a ser de carbono, que tienen $(B - V) \geq 1.5$, no han sido, en general, detectadas en la banda U y no podemos, por tanto, utilizar el diagrama C-C para dilucidar su naturaleza. Por lo que se refiere al trabajo de HSD, ellos afirman detectar las estrellas de carbono en las bandas R e I . La magnitud límite de su fotometría en la banda I de Johnson (una vez hecha la transformación a este sistema desde el de Gunn) es ligeramente superior a 21 magnitudes para estrellas no afectadas de grandes errores (ver su figura 10). Este límite corresponde a una I de Kron de 20.7 magnitudes (Eggen, 1972), para $(R - I)(\text{Johnson}) = 1.4$, implicando $M_I \leq -4.9$. Por tanto, solamente las estrellas de carbono más brillantes pueden haber sido detectadas y, consecuentemente, no puede hacerse ninguna conclusión a partir de su distribución en luminosidad, puesto que la muestra de ellas no puede considerarse, en modo alguno, completa.

3.4. MÓDULO DE DISTANCIA.

A. Cefeidas.

SC han determinado un módulo de distancia común para Sextans A y Sextans B a partir de la relación P-L de 5 cefeidas en la primera, números 79, 930, 1282, 1148 y 496 de nuestra tabla A2.1 (apéndice 2), y 4 en la segunda, obteniendo un valor de 26.2 ± 0.2 . Sin embargo, los efectos sistemáticos que se hallan presentes en la fotometría de SC (ver discusión en el punto 3.2), hacen necesaria una revisión de este valor. W87, utilizando las correcciones encontradas por él, da un valor corregido de 26.0 ± 0.4 . Este es el valor que obtenemos nosotros cuando consideramos la transformación entre nuestra fotometría y la de SC que resulta al utilizar todas las estrellas con $(B - V) \leq 0.9$. Sin embargo, si utilizamos la transformación adecuada para cada cefeida según su magnitud B que, en casi todos los casos es mayor que 25.5, obtenemos un módulo de distancia de 25.75.

B. Diagramas fotométricos.

De una manera independiente, se puede estimar el módulo de distancia a partir del diagrama C-C. En la parte superior del mismo se puede apreciar una mayor dispersión de puntos, debida a que las estrellas de secuencia principal empiezan a aparecer en el diagrama. Esto ocurre para $(U - B)$ comprendido entre -0.80 y -0.86 que corresponde, en secuencia principal, a M_V comprendido entre -2.1 y -2.5. Como quiera que la muestra puede considerarse completa hasta la magnitud $V \simeq 23.3$ (ver figura 3.7), el módulo de distancia resulta estar comprendido entre 25.3 y 25.9, con una mejor estimación de 25.6. Este valor concuerda, dentro de los errores que cabe esperar, con el de las cefeidas. En la subsiguiente discusión, dados los problemas que presenta la fotometría de SC, utilizaremos este valor de 25.6.

Estos resultados pueden considerarse lo suficientemente precisos como para introducir los datos de Sextans A en la calibración de distancias propuesta por Sandage y Tammann (1982). Estos autores han discutido la utilidad de las estrellas más brillantes azules y rojas de una galaxia como estimadores de su distancia. Sandage (1986) ha presentado las últimas relaciones entre la magnitud absoluta media de las tres estrellas más brillantes azules y rojas y la magnitud B absoluta de la galaxia que las contiene. La estimación de la distancia de una galaxia a partir de este método está afectada de importantes errores (véase Schild y Maeder, 1983 y Greggio, 1986), pero puede resultar especialmente útil para galaxias situadas a distancias intermedias, en que son sólo visibles las estrellas más brillantes. Conviene, asimismo, disponer de una calibración tan precisa como sea posible de la parte de bajas luminosidades, en que se encuentran emplazadas las galaxias irregulares enanas, ya que, para muchas de ellas no existen métodos alternativos para la estimación de la distancia. Para esta calibración es necesario utilizar galaxias para las que se disponga de una buena determinación de la distancia por un método alternativo, como es el caso de Sextans A. En este sentido, las tablas 3.3a y 3.3b presentan los datos fotométricos de las estrellas más brillantes de Sextans A utilizando las escalas de SC, HSD y la de la presente tesis.

Por lo que se refiere a las estrellas azules más brillantes, las número 1164 y 1833 (identificadas como PM 1 y PM 4 por SC) son estrellas de nuestra propia galaxia con movimiento propio medido (Sandage y Carlson, 1982). La estrella número 1101 tiene $B=16.54$, aproximadamente 2 magnitudes más brillante que las restantes supergigantes azules. Desafortunadamente, este objeto estaba fuera del campo de la CCD en nuestra exposición U y no disponemos de su índice ($U - B$). No obstante, su ($B - V$) corresponde aproximadamente al de una estrella G. Todo esto, unido a su situación en el borde de la galaxia, indica que se trata, muy probablemente, de una estrella de campo que, de ser de secuencia principal, estaría situada a una distancia de unos 1.5 Kpc en el halo de nuestra galaxia y no será tenida en cuenta en la siguiente discusión. Por otra parte, la estrella número 593 (la segunda más brillante en el campo de Sextans A), cuya pertenencia a

Tabla 3.3a. Estrellas azules más brillantes.

SC			HSD			Presente tesis		
N.	B	V	N.	B	V	N.	B	V
-	-	-	610	17.71	17.57	593	17.55	17.44
52	18.53	18.52	164	18.47	18.52	1647	18.42	18.55
4	18.38	18.59	720	18.66	18.66	1325	18.72	18.50
66	19.50	18.72	364	19.27	18.81	2106	19.00	19.67
53	19.09	18.99	504	18.86	18.29	601	18.75	18.22
12	19.45	18.96	658	18.56	18.68	850	18.56	18.63
35	-	-	176	18.85	19.09	1715	18.77	18.94
7	19.13	18.99	707	18.89	18.90	773	18.90	18.79
$\langle m(3) \rangle$	18.67	18.70		18.28	18.25		18.18	18.05

Tabla 3.3b. Estrellas rojas más brillantes.

SC			HSD			Presente tesis		
N.	B	V	N.	B	V	N.	B	V
50 V	20.55	18.22	138	19.88	18.41	1706	19.77	18.13
56 V	20.70	18.27	214	20.23	18.72	1886	20.14	18.46
21 V	20.49	18.28	637	19.72	18.33	1082	19.92	18.18
$\langle m(3) \rangle$	20.58	18.26		19.94	18.49		19.94	18.26

Sextans A podría ser puesta en duda, dada su alta luminosidad, será considerada como una estrella de clase de luminosidad Ia/Ia-0 de esta galaxia, por las siguientes razones: primeramente, si se tratara de una estrella de secuencia principal de nuestra galaxia, su magnitud absoluta, dados sus índices de color, sería $M_V \simeq 0.5$ y se encontraría, por tanto, a una distancia de 32 Kpc del centro galáctico y de 20 Kpc del plano galáctico, lo que resulta demasiado alto. Por otra parte, si se encuentra en Sextans A, su magnitud absoluta sería de -8.16 lo que, unido a sus índices de color, sería consistente con los valores medios para una estrella A de clase Ia/Ia-0. Más aún, su emplazamiento dentro de la mayor agrupación de Sextans A apoya la hipótesis de su pertenencia a la galaxia.

Nuestras medidas de Sextans A modifican los datos preexistentes tanto del módulo de distancia como de los valores medios de las magnitudes aparentes de las tres estrellas más brillantes rojas y azules. En las figuras 3.8a y 3.8b se presentan nuestros resultados (puntos rellenos) respectivamente para las supergigantes rojas y azules de Sextans A junto con los correspondientes a otras galaxias (véase Sandage, 1986). Los puntos correspondientes a Sextans B han sido dibujados asumiendo un módulo de distancia de 25.6. No han sido incluidos los valores correspondientes a GR 8, puesto que su distancia no se conoce con suficiente certeza. Además, tal como se deriva de los trabajos de Schild y Maeder (1983) y Greggio (1986), los errores que cabe esperar para valores tan bajos de la luminosidad, hacen que la inflexión a que da lugar su inclusión en el diagrama de calibración de las estrellas supergigantes rojas (véase Sandage, 1986) no pueda considerarse significativa. Volveremos sobre este tema en el punto 4.4.

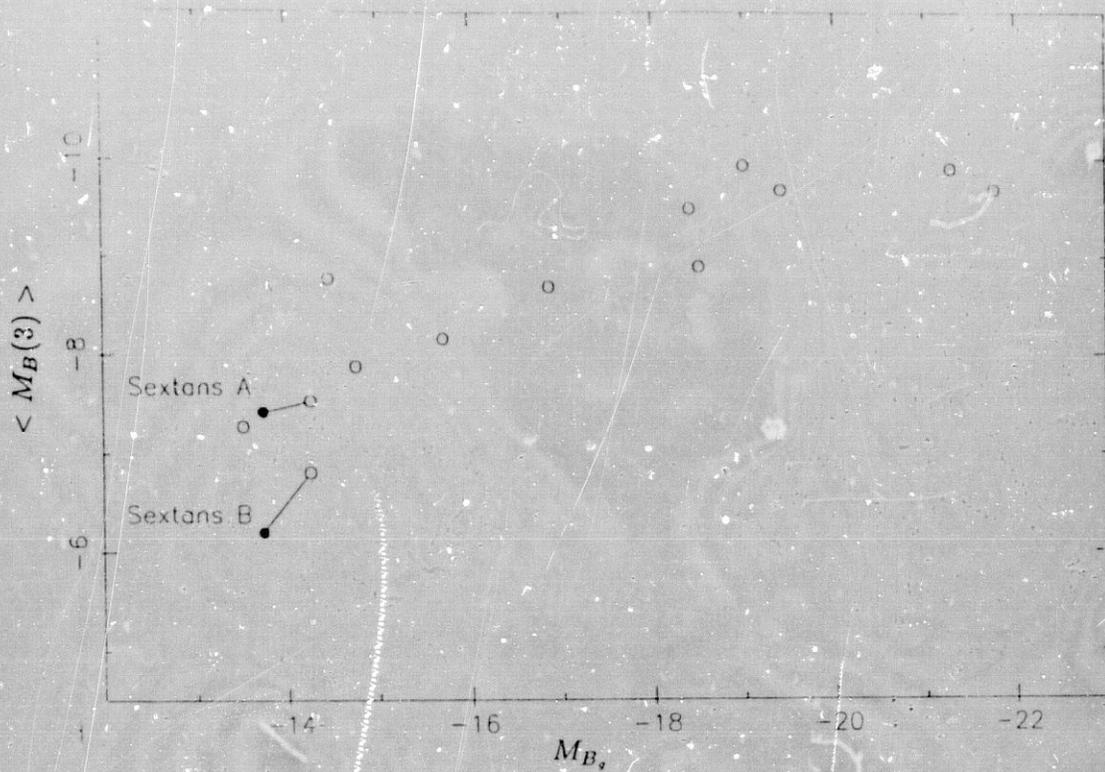
Los mejores ajustes de los datos de las figuras 3.8a y 3.8b, vienen dados por las relaciones

$$\langle M_B \rangle_3 = -2.24 + (0.37 \pm 0.02) \times M_{B_g}$$

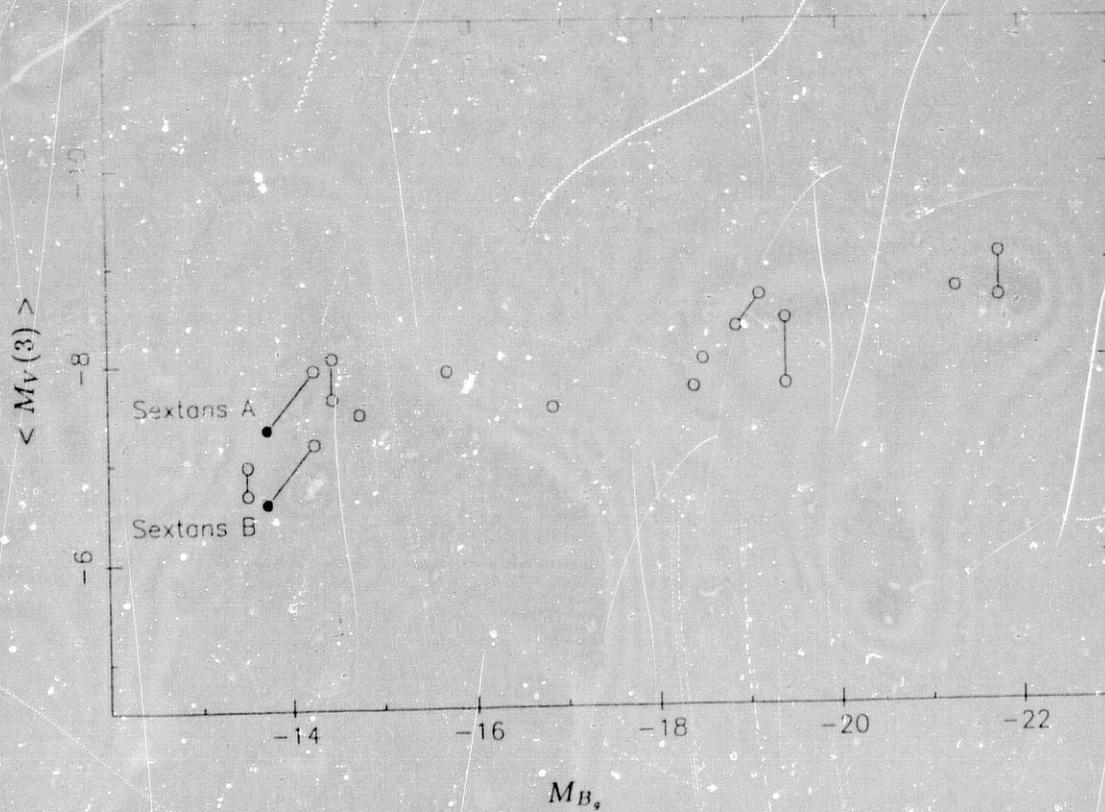
$$\langle M_V \rangle_3 = -4.57 + (0.19 \pm 0.01) \times M_{B_g}$$

con coeficientes de correlación 0.88 y 0.84, respectivamente, donde $\langle M_B \rangle_3$ y $\langle M_V \rangle_3$ son los valores medios de las magnitudes absolutas de las tres estrellas

SUPERGIGANTES AZULES



SUPERGIGANTES ROJAS



Figuras 3.8a y 3.8b. Relaciones entre la magnitud media de las tres estrellas azules y rojas, respectivamente, más brillantes de una galaxia y la magnitud absoluta de la galaxia que las contiene.

más brillantes azules y rojas, respectivamente y M_{B_0} es la magnitud absoluta de la galaxia que las contiene.

3.5. DISTRIBUCION ESPACIAL DE ESTRELLAS BRILLANTES.

En la figura 3.1 se pueden ver algunos aspectos de la distribución espacial de estrellas en Sextans A. En ella es ligeramente visible la barra de la que habíamos hablado. Como en esta figura aparecen las estrellas resueltas y la barra es bastante clara en las imágenes que se obtienen de Sextans A, dicha barra debe estar fundamentalmente constituida por estrellas menos luminosas. Asimismo, se aprecia una gran concentración de estrellas en su extremo SE, que podría ser el resultado de un flujo de gas producido por ella. Incluso, se podría decir que Sextans A presenta unos brazos espirales muy incipientes que surgen de ambos extremos de la barra. Uno de ellos, constituido por la antedicha concentración de estrellas y que se dibujaría en sentido SO-NE. El otro, en el extremo opuesto, en sentido NE-SO. Aproximadamente la mitad de las estrellas detectadas se encuentran localizadas en las regiones 1 a la 6 delimitadas en la figura 3.1. Todas estas regiones cubren, en definitiva, diferentes zonas de Sextans A, correspondientes a la barra o a los citados "brazos". La región 7 se refiere al campo general de la galaxia o zona SO del "disco". No se ha estudiado en detalle la correspondiente zona NE debido a la presencia de la estrella brillante de campo de la que se habló en el punto 3.2. La región 2 corresponde a un pequeño grupo de estrellas, aparentemente aislado de la morfología general.

Describimos a continuación las principales peculiaridades de cada una de estas regiones.

Región 1

Un total de 335 estrellas han sido detectadas en esta región, localizada en el extremo SE de la galaxia, siendo una importante fracción de ellas muy brillantes. Los correspondientes diagramas C-C y C-M se presentan en las figuras 3.9-1. Sólo una pequeña fracción de estrellas tienen $(B - V) \leq 1.4$, de las que sólo una ha sido detectada en la banda U . Esta (la número 1082), es una de las tres supergigantes

rojas más brillantes de la galaxia. Las estrellas con $0.6 \leq (B - V) \leq 1.4$ presentes en el diagrama C-M podrían ser estrellas enrojecidas pero, aún tratándose de supergigantes rojas, la agrupación estaría dominada por estrellas azules.

El emplazamiento de los bucles azules y los puntos de *turn-off* en los diagramas $(B - V, V)$ y $(U - B, V)$ indica que esta región está experimentando numerosos brotes de formación estelar, o, en otras palabras, una formación estelar casi continua.

Región 2

Esta región comprende 54 estrellas. Los correspondientes diagramas C-C y C-M se presentan en la figura 3.9-2. En el diagrama C-C pueden apreciarse algunas supergigantes rojas. La localización de los bucles azules y los puntos de *turn-off* en el diagrama C-M indican que la edad de las estrellas de este grupo es mayor que la de las pertenecientes al último evento de formación producido en la región 1.

Región 3

En esta región, emplazada en el extremo oeste de la galaxia, han sido detectadas 55 estrellas. Las estrellas azules dominan los diagramas, indicando una formación estelar muy reciente, probablemente más joven que 10 millones de años. La mayoría de ellas, como se desprende del diagrama C-C, parece ser de secuencia principal (figura 3.9-3). Contiene una de las tres supergigantes rojas más brillantes de la galaxia (la número 1706) que, de hecho, es la única supergigante roja de esta región.

Región 4

Un total de 219 estrellas han sido detectadas en esta región, que es una parte de la extensión o "brazo" noroeste de la galaxia. Los diagramas C-C y C-M se presentan en las figuras 3.9-4. En el diagrama $(B - V, V)$ la parte más azul de los bucles azules puede verse trazada verticalmente desde $20 \leq V \leq 22$ y $-0.2 \leq (B - V) \leq 0$. No hay evidencia de punto de *turn-off* a 10 millones

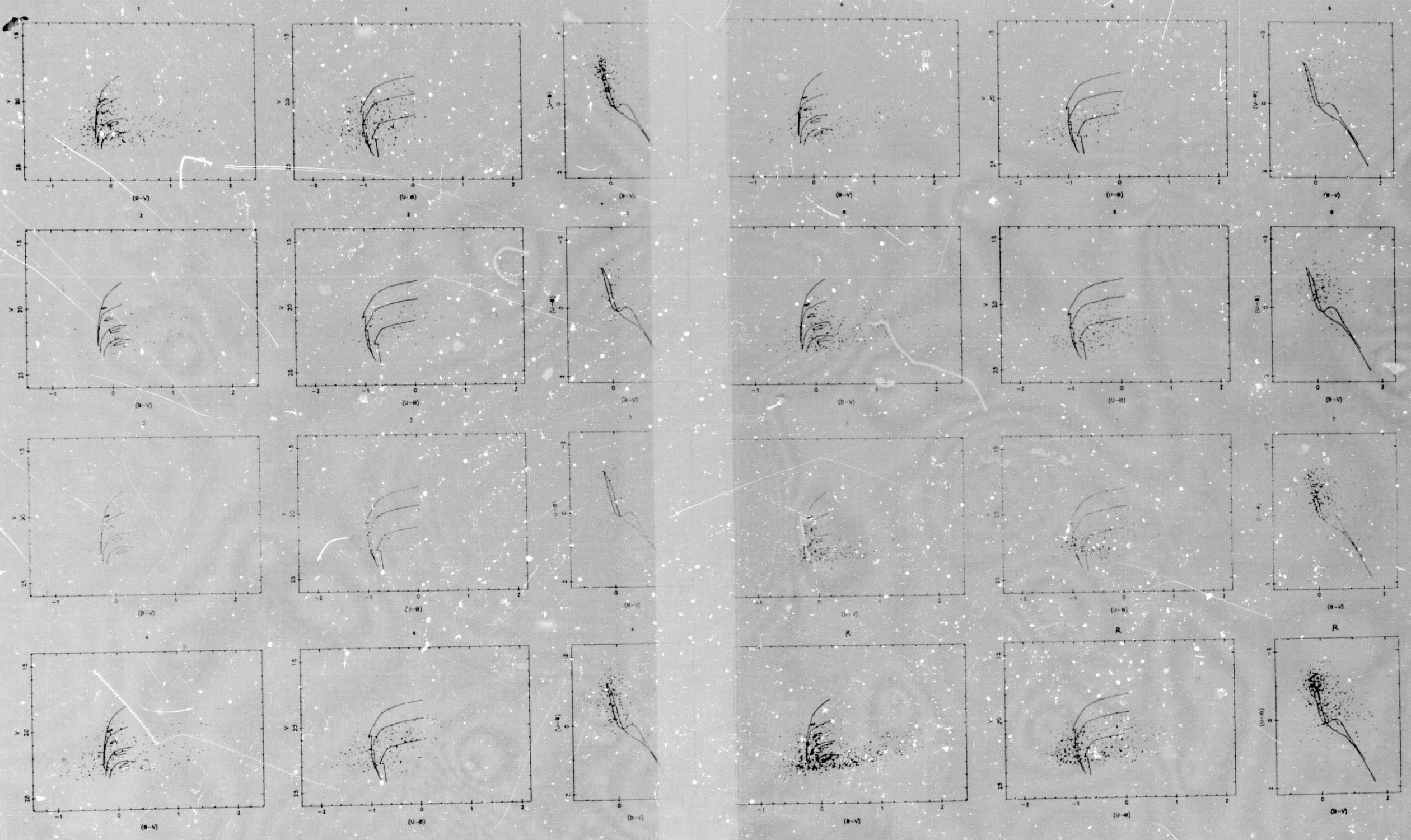


Figura 3.9. Diagramas color-color y color-magnitud de las siete regiones identificadas en la figura 3.1 y para las estrellas no incluidas en ninguna de ellas. Las isocronas representadas son las mismas descritas para las figuras 2.6 b y 3.6 c.

Figura 3.9. Continuación.

de años en el diagrama $(U - B, V)$. La supergigante roja más brillante de esta región (la número 1886) es una de las tres más brillantes de Sextans A y pertenece probablemente al mismo evento de formación estelar que las supergigantes azules. Otras supergigantes rojas, probablemente pertenecientes a una generación más vieja, se hallan presentes a $V \simeq 19.6$. La secuencia principal se aprecia para $V \leq 21.6$ y $(U - B) \leq -0.82$, tal como ocurre cuando se considera la galaxia completa.

Región 5

Esta región configura, junto con la 4, el incipiente brazo espiral NO. En ella han sido detectadas un total de 126 estrellas. Los correspondientes diagramas C-C y C-M se muestran en las figuras 3.9-5. Una inspección de estos diagramas indica que el último brote importante de formación estelar tuvo lugar hace aproximadamente 30 millones de años. El grupo de puntos que aparece en $(B - V) \simeq 1.0$ procede probablemente de este brote. No obstante, las estrellas azules brillantes que pueblan los diagramas C-M, pueden pertenecer a un evento en el que no ha estado involucrada gran cantidad de masa.

Región 6

Esta región engloba parte de la barra y contiene un total de 215 estrellas detectadas. Sus diagramas C-C y C-M se presentan en las figuras 3.9-6. Sólo un reducido número de estrellas más brillantes que $V=22$ se encuentran en secuencia principal. El diagrama está dominado por estrellas pertenecientes a los bucles azules de 30 y 60 millones de años, y a ellos deben corresponder también las estrellas rojas. Existen además algunas indicaciones de generaciones aún más viejas. Todo ello indica que no parece haber habido recientemente una intensa formación estelar en esta región, en concordancia con lo dicho al principio de este punto de que la barra debe estar constituida por estrellas más viejas y menos masivas y luminosas.

Región 7

Esta región comprende una extensa zona de la galaxia con ausencia de marcadas estructuras morfológicas. Por tanto, las 432 estrellas contenidas en ella deben ser estrellas del campo general de Sextans A. Los diagramas fotométricos de esta región se presentan en las figuras 3.9-7. A pesar de la ausencia de estructura, existen evidencias de una reciente formación estelar, localizada hace aproximadamente 15-20 millones de años; aún cuando las poblaciones que dominan son más viejas.

De todas las estrellas que se han detectado en Sextans A, 788 no han sido incluidas en ninguna de las regiones anteriormente descritas. Los diagramas fotométricos de estas estrellas se presentan en las figuras 3.9-R. La apariencia de estos diagramas es similar a la de los de la región 7, con presencia de estrellas pertenecientes a todos los eventos de formación presentes en las otras zonas de la galaxia, excepto quizá del más reciente de ellos.

Resumiendo, en Sextans A coexisten una gran cantidad de generaciones estelares recientes, producidas por una formación estelar casi continua durante los últimos 100 millones de años, extendida a la totalidad de la galaxia. No obstante, la formación estelar más reciente, correspondiente a los últimos 10 millones de años, se concentra en ciertas regiones que delinean lo que serían unos brazos espirales incipientes y, más aún, en los extremos de los mismos (regiones 1 y 3). La gran cantidad de estrellas jóvenes presentes en la región 1, corrobora lo dicho por Gallagher y Hunter (1984) en relación a que la formación estelar en irregulares barradas suele hallarse fundamentalmente presente en uno de los extremos de la barra.

3.6. OBSERVACIONES EN RADIO.

En 1984 fueron llevadas a cabo observaciones en 21 cm, en colaboración con los Drs. Skillman, Van Woerden y Terlevich, en el *Very Large Array*, Socorro (Nuevo México). Como quiera que las observaciones y reducción de datos fueron llevados a cabo en su mayoría por el Dr. Skillman (véase Skillman, Terlevich y Van Woerden, 1985), nos limitamos aquí a dar los resultados obtenidos por nosotros, a partir de dichos datos, para las masas de gas y total de Sextans A. La primera ha sido calculada a partir de la integral bajo la curva de la temperatura de brillo, $\int T_B dv$ (véase, por ejemplo, Spitzer, 1978). La segunda, a partir de la dispersión de velocidades obtenida de la anchura a media altura de la línea de 21 cm. Resultan ser $M_{HI} = 6.7 \times 10^7 M_\odot$, $M_T = 1.8 \times 10^8 M_\odot$ y, aplicando un factor de corrección de 1.4 para tomar en consideración la masa de He, la masa de gas atómico, $M_{gas} = 9.4 \times 10^7 M_\odot$.

3.7. CONCLUSIONES

En este capítulo se ha presentado la fotometría de 2279 estrellas resueltas en Sextans A. Los principales resultados obtenidos se resumen a continuación.

1. A partir de los valores fotométricos recalibrados de las cefeidas medidas por SC en Sextans A y Sextans B, se ha obtenido para ambas un nuevo módulo de distancia de 25.75, que, dentro de los errores, coincide con el de 25.6 determinado a partir de nuestros diagramas fotométricos.

2. Utilizando las isocronas teóricas de Maeder y Mermilliod (1981) y Mermilliod y Maeder (1986), se ha detectado una formación estelar generalizada y continua en Sextans A durante los últimos 10^8 años, teniendo el episodio más reciente (único que se puede considerar como localizado, precisamente en los extremos de la barra) una edad aproximada de 9×10^6 años. Por otra parte, la barra de Sextans A está principalmente constituida por estrellas menos luminosas que las detectadas aquí.

3. A partir de datos del VLA, hemos obtenido unos valores de 9.4×10^7 y $1.8 \times 10^8 M_{\odot}$ para la masa de gas y la masa total de Sextans A, respectivamente.

4. GR 8

4.1. INTRODUCCION.

GR 8 (DDO 155, A 1256+14) fue descubierta por Reaves (1956) en su búsqueda de galaxias enanas en el cúmulo de Virgo, sobre el que se encuentra proyectada. Reaves supuso que GR 8 estaba situada en ese cúmulo y, de hecho, dice de ella que "es un buen ejemplo de sistema de apariencia similar a la de IC 1613 y NGC 6822 del Grupo Local". Fue Hodge (1967) el primero en hacer notar que GR 8 podría ser una galaxia del Grupo Local, estimando su distancia en solamente 320 Kpc. Posteriormente, en base a nuevas observaciones referentes a su velocidad radial, hidrógeno neutro y regiones HII, Hodge (1974) reestimó su distancia en 1.0 ± 0.5 Mpc. Más recientemente, de Vaucouleurs y Moss (1983, VM en lo sucesivo) llevaron a cabo una nueva estimación a partir de criterios tales como su magnitud integrada comparada con la de A 0057; sus estrellas azules y rojas más brillantes, en comparación también a las de A 0057; el tamaño de sus regiones HII, comparado con el de las de IC 1613 y la anchura de su línea de 21 cm. El valor mediano que obtuvieron para el módulo de distancia fue de 25.2. Hoessel y Danielson (1983, HD en lo sucesivo) dedujeron un valor más alto, de aproximadamente 26.1 a partir de un reducido grupo de estrellas que ellos interpretaron como estrellas de carbono. Finalmente, Moss y de Vaucouleurs (1986) han revisado su anterior estimación, después de haber comprobado que una de las estrellas más brillantes de GR 8 es, en realidad, una estrella de campo (véase capítulo 1 de la presente tesis). Comparando las propiedades de GR 8 con las de otras irregulares enanas situadas a distancias conocidas, han obtenido para su módulo de distancia un valor de 25.1.

Los valores de los índices de color y magnitud integrada de GR 8 son, respectivamente, $(B - V) = 0.30$, $(U - B) = -0.51$, que la constituyen en una galaxia

muy azul y $B_T = 14.66$ (de Vaucouleurs, de Vaucouleurs y Buta, 1981) Su brillo superficial es de $m_B = 23.52m/(\prime)^2$, lo que representa un valor bastante alto y parecido al de Sextans A (véase capítulo 3). En GR 8 se aprecia gran cantidad de zonas brillantes y azules, que denotan la presencia de estrellas jóvenes y masivas. Diversas imágenes de esta galaxia pueden encontrarse en VM, Hodge (1967 y 1974), Fisher y Tully (1979) y Ruotsalainen (1982, R82 en lo sucesivo). Su masa de hidrógeno y su masa total son de $2.0 \times 10^6 M_\odot$ y $7.3 \times 10^7 M_\odot$, respectivamente, supuesta a una distancia de 1 Mpc, según datos de Fisher y Tully (1981).

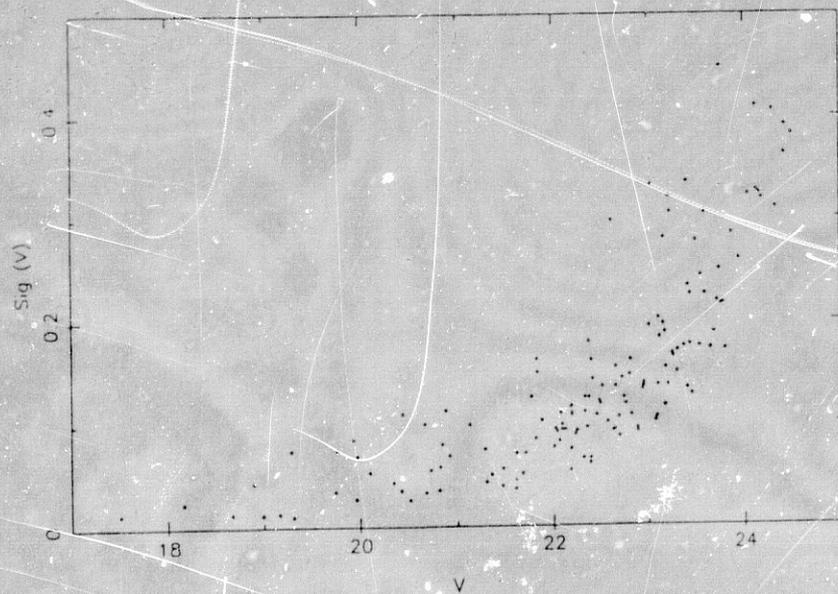
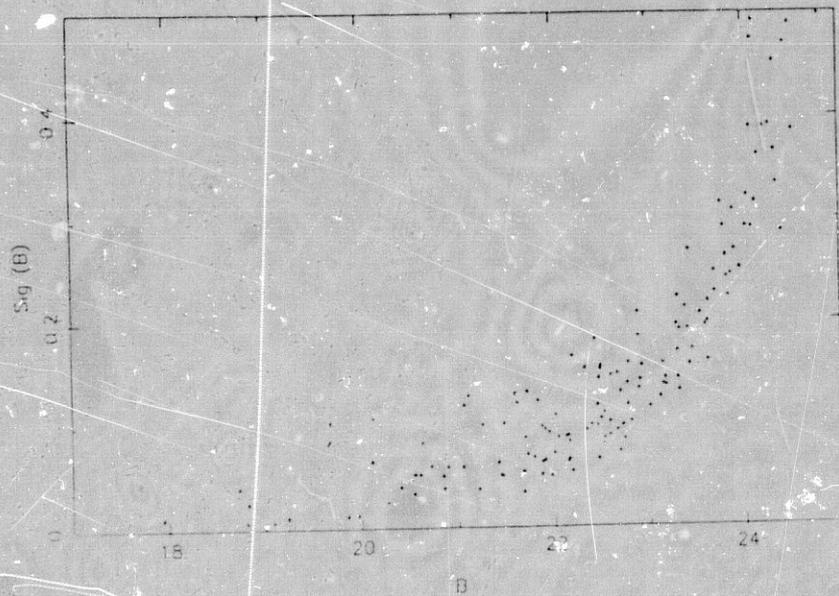
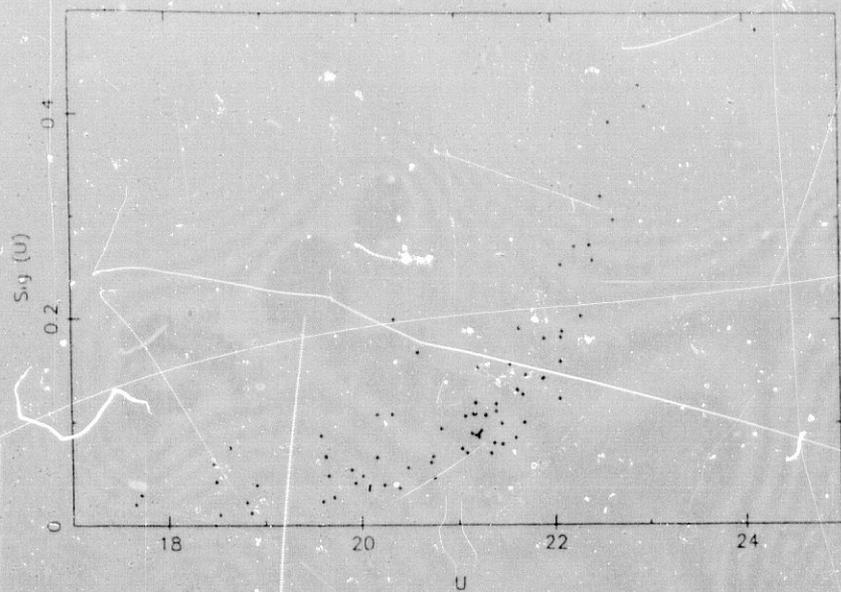
Por lo que se refiere a trabajos previos de fotometría de estrellas resueltas llevados a cabo sobre GR 8, R82 ha publicado fotometría fotográfica *UBV* de 112 estrellas. Asimismo, HD han obtenido fotometría CCD de 84 estrellas en las bandas GR del sistema de Gunn y VM, fotometría fotográfica *B* de 17 estrellas. En este capítulo se presenta fotometría CCD *UBV* de 142 estrellas resueltas en GR 8, ajustándose a lo publicado por Aparicio, García-Pelayo y Moles (1988b).

4.2. OBSERVACIONES, REDUCCION DE DATOS Y RESULTADOS

Las imágenes CCD de GR 8 fueron obtenidas en la misma campaña de observación que las de Sextans A, las noches del 25 y 27 de Febrero de 1985, en el foco primario del telescopio de 4 m del *Cerro Tololo Interamerican Observatory* (CTIO) (Chile). En la tabla 4.1 se presenta el diario de observaciones. Las condiciones de observación fueron fotométricas durante las dos noches, estando el *seeing* siempre comprendido entre 1" y 1.3". La reducción de datos siguió el mismo proceso que se describe en el punto 3.2, utilizando las mismas estrellas *standard* que para Sextans A y las transformaciones del sistema instrumental al *standard* de Johnson que allí se dan. En las figuras 4.1a, 4.1b y 4.1c se presenta la distribución de los errores resultantes del ajuste de la PSF a cada perfil estelar, de lejos los más importantes, en función de la magnitud en las tres bandas. A partir de estas figuras se puede estimar que los límites de la fotometría en cada banda son $U \simeq 23$, $B \simeq 24.3$ y $V \simeq 24.1$.

Tabla 4.1. Diario de observaciones.

Fecha	Filtro	N° de imágenes	Exposición (s)
25.2.85	U	3	2400
	B	2	600
	V	3	900
27.2.85	B	3	900
	V	3	900



Figuras 4.1a, 4.1b y 4.1c. Distribución de errores dados por el ajuste de PSF en función de las correspondientes magnitudes.

En total fueron medidas 142 estrellas. Los resultados fotométricos obtenidos para cada una de ellas se relacionan en la tabla A2.2 (apéndice 2), ya corregidos de una extinción galáctica de $E(B - V) = 0.007$, según se desprende de los mapas publicados por Burstein y Heiles (1982). Los correspondientes errores son los que se derivan del ajuste de la PSF. En la figura A2.2 se presenta la carta de identificación. Los números asignados a las estrellas son los mismos de la tabla A2.2.

Resulta interesante conocer las transformaciones que existen entre nuestra fotometría y las anteriormente publicadas, de R82, HD y VM. Consideremos primeramente la de R82, única de las anteriores con medidas en el filtro U . Como puede verse en las figuras 4.2a, 4.2b y 4.2c, existen diferencias tanto de cero como de escala que, en el caso de las estrellas más débiles, llegan a ser bastante importantes y persisten aún cuando estas son eliminadas de la comparación. Estas diferencias son probablemente debidas a que R82 utiliza placa fotográfica como detector. Posiblemente, a la vista de las figuras 3a y 3c, R82 detecta las estrellas más débiles fuera de la zona de linealidad de las placas. Las transformaciones para los diferentes rangos de magnitudes se resumen a continuación:

$U_{R82} - U = -0.13$	(d.t.=0.20)	20* con $U \leq 21$
$U_{R82} - U = -0.43$	(d.t.=0.29)	19* con $U \geq 21$
$B_{R82} - B = -0.40$	(d.t.=0.18)	15* con $B \leq 21$
$B_{R82} - B = -0.42$	(d.t.=0.28)	29* con $B \geq 21$
$V_{R82} - V = -0.18$	(d.t.=0.25)	15* con $V \leq 21$
$V_{R82} - V = -0.44$	(d.t.=0.45)	29* con $V \geq 21$
$V_{R82} - V = -0.61$	(d.t.=0.44)	18* con $V \geq 22$

donde se dan valores medianos y los colores sin subíndice se refieren a nuestra fotometría.

Las correspondencia con las magnitudes dadas por HD, transformadas al sistema de Johnson utilizando las ecuaciones allí dadas es bastante mejor, como puede verse en las figuras 4.3a y 4.3b, pero siguen, no obstante existiendo efectos de color importantes en las estrellas más débiles. Las transformaciones encontradas se resumen a continuación:

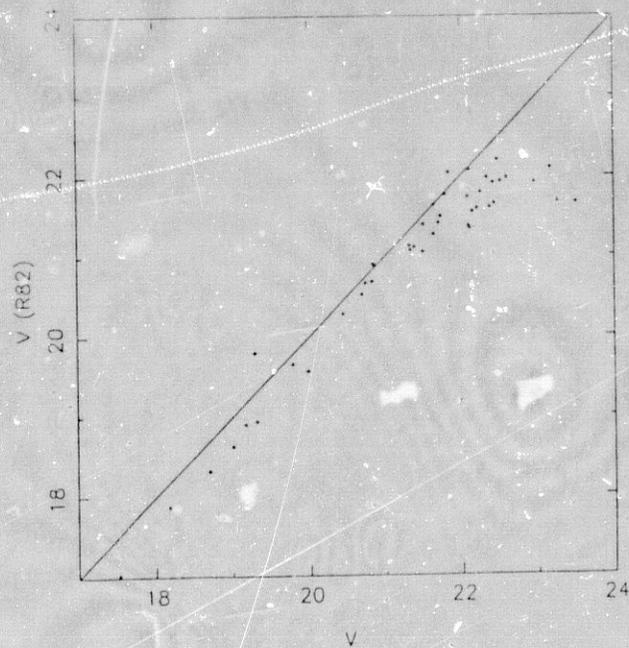
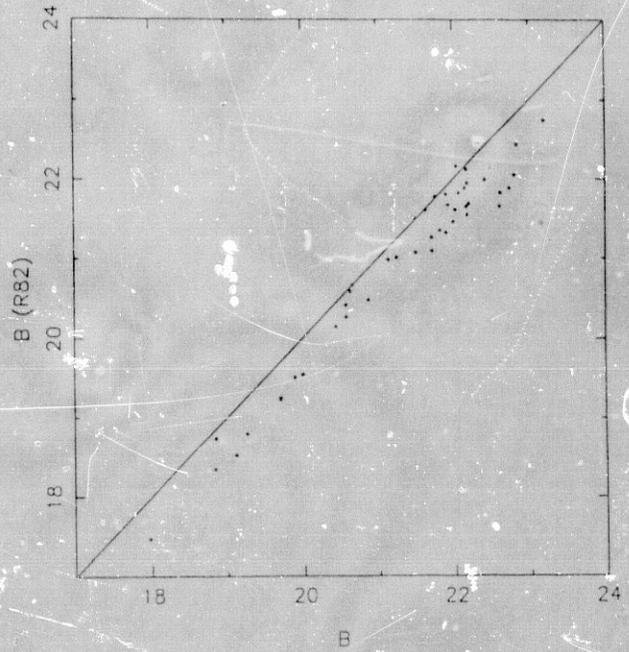
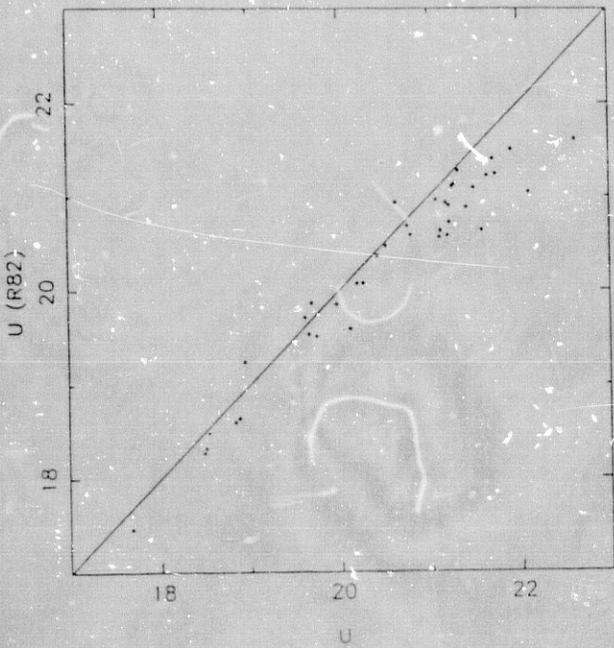
$$\begin{array}{lll}
 B_{\text{HD}} - B = 0.33 & (\text{d.t.}=0.28) & 21^* \text{ con } B \leq 21 \\
 B_{\text{HD}} - B = 0.07 & (\text{d.t.}=0.49) & 30^* \text{ con } B \geq 21 \text{ y } (B - V) \leq 0.9 \\
 B_{\text{HD}} - B = 0.23 & (\text{d.t.}=0.47) & 8^* \text{ con } B \geq 21 \text{ y } (B - V) \geq 0.9 \\
 \\
 V_{\text{HD}} - V = 0.14 & (\text{d.t.}=0.16) & 24^* \text{ con } V \leq 21 \\
 V_{\text{HD}} - V = -0.04 & (\text{d.t.}=0.35) & 30^* \text{ con } V \geq 21 \text{ y } (B - V) \leq 0.9 \\
 V_{\text{HD}} - V = 0.34 & (\text{d.t.}=0.34) & 5^* \text{ con } V \geq 21 \text{ y } (B - V) \geq 0.9
 \end{array}$$

Como en el caso anterior, los colores sin subíndice se refieren a nuestra fotometría.

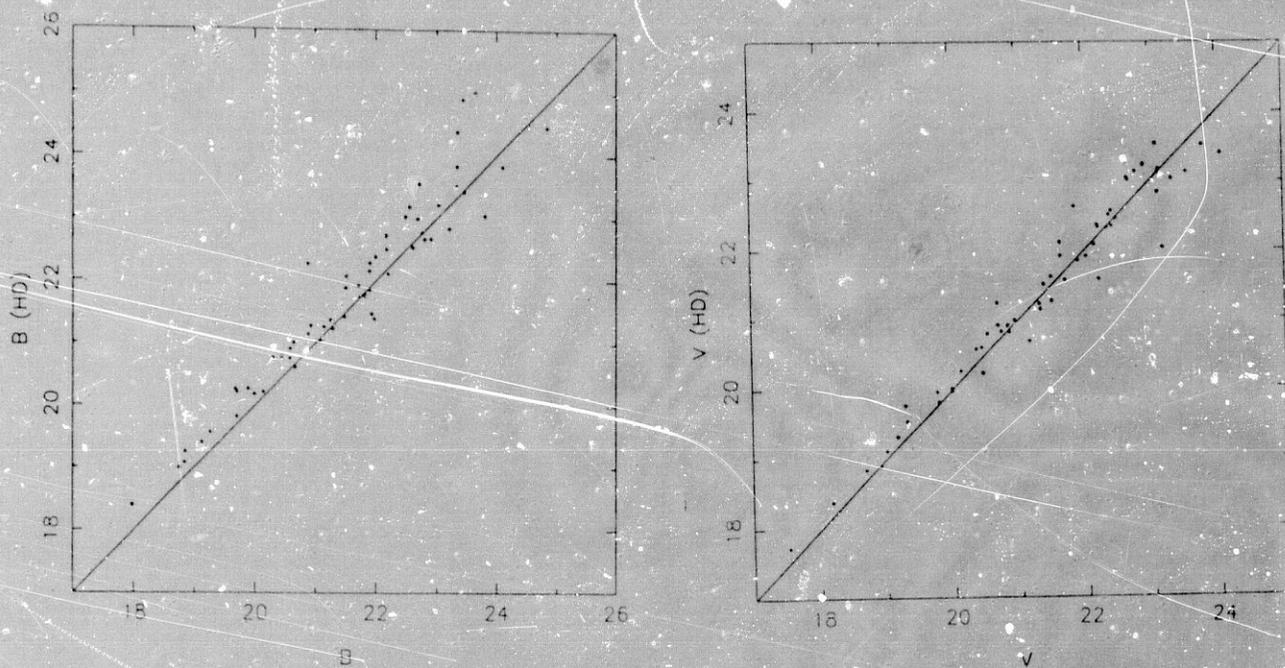
Finalmente, las relaciones con los datos de VM (véase figura 4.4) vienen dadas por:

$$\begin{array}{lll}
 B_{\text{VM}} - B = -0.13 & (\text{d.t.}=0.29) & 17^* \\
 B_{\text{VM}} - B = -0.12 & (\text{d.t.}=0.29) & 10^* \text{ con } B \leq 20
 \end{array}$$

La concordancia es bastante buena, teniendo en cuenta que los errores admitidos por VM son del orden de 0.15 magnitudes.



Figuras 4.2a, 4.2b y 4.2c. Comparación con las escalas fotométricas U, B y V de Ruotsalainen (1982).



Figuras 4.3a y 4.3b. Comparación con las escalas fotométricas B y V de Hoessel y Danielson (1983).

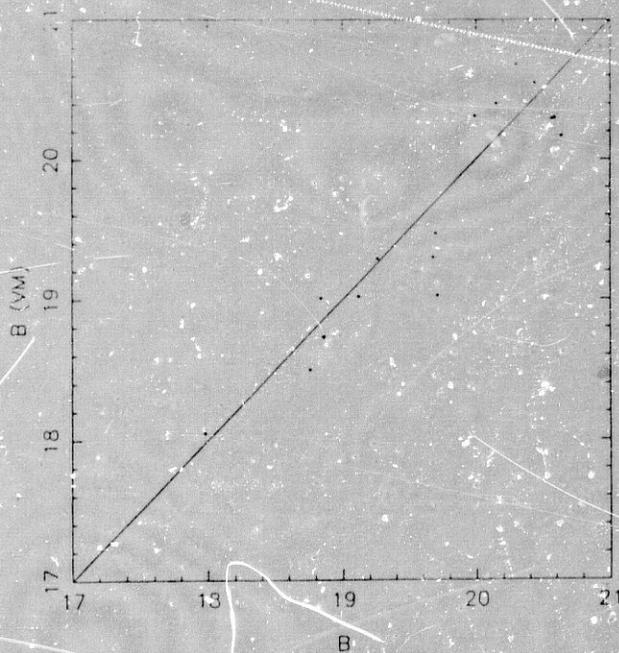


Figura 4.4. Comparación con la escala fotométrica B de de Vaucouleurs y Moss (1983).

4.3. DIAGRAMAS COLOR-COLOR Y COLOR-MAGNITUD.

En la figura 4.5a se presenta el diagrama C-C de las estrellas detectadas en GR 8, en el que se señala la secuencia principal y la de la clase de luminosidad Iab. Aparece fundamentalmente poblado por estrellas supergigantes con alguna contribución de estrellas de secuencia principal en la parte superior. El pequeño número de puntos y la dispersión que sufren impide sacar ninguna conclusión fidedigna acerca del enrojecimiento interno.

Los diagramas C-M se presentan en las figuras 4.5b y 4.5c. Consideremos primeramente el diagrama $(U - B, V)$. En él aparecen claramente delineadas las isocronas correspondientes a 17 y 30 millones de años, tomadas de Maeder y Mermilliod (1981) y Mermilliod y Maeder (1986). No ocurre lo mismo con la de 10 millones de años, si bien parece haber presentes algunas estrellas de esta edad. El diagrama $(B - V, V)$ se presenta en la figura 4.5c, junto con las isocronas para 10, 17 y 30 millones de años. Se aprecia en él un "defecto" de estrellas supergigantes rojas como contrapartida a las azules más brillantes. De hecho, las isocronas representadas indican que las estrellas rojas más brillantes pueden pertenecer al brote de 17 millones de años identificado en el diagrama $(U - B, V)$, no existiendo población roja a 10 millones de años. Sin embargo, este "defecto" puede ser un efecto estadístico producido por el corto tiempo en que una estrella vive como supergigante roja, combinado con la pequeña cantidad de estrellas brillantes existentes en GR 8.

De cualquier modo, ambos diagramas C-M indican que la formación estelar más reciente en GR 8 data de hace entre 17 y 30 millones de años, aún cuando todavía sigue produciéndose alguna formación estelar, puesta de manifiesto, en particular, por la presencia de regiones HII (véase Hodge, 1974).

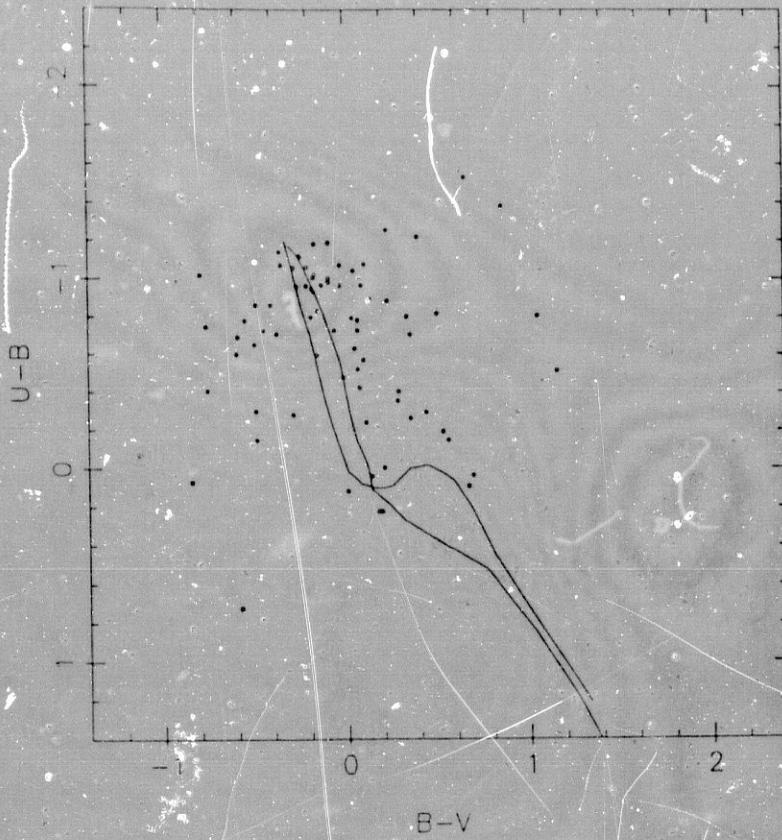


Figura 4.5a. Diagrama color-color. Las líneas muestran la secuencia principal y la clase de luminosidad Iab.

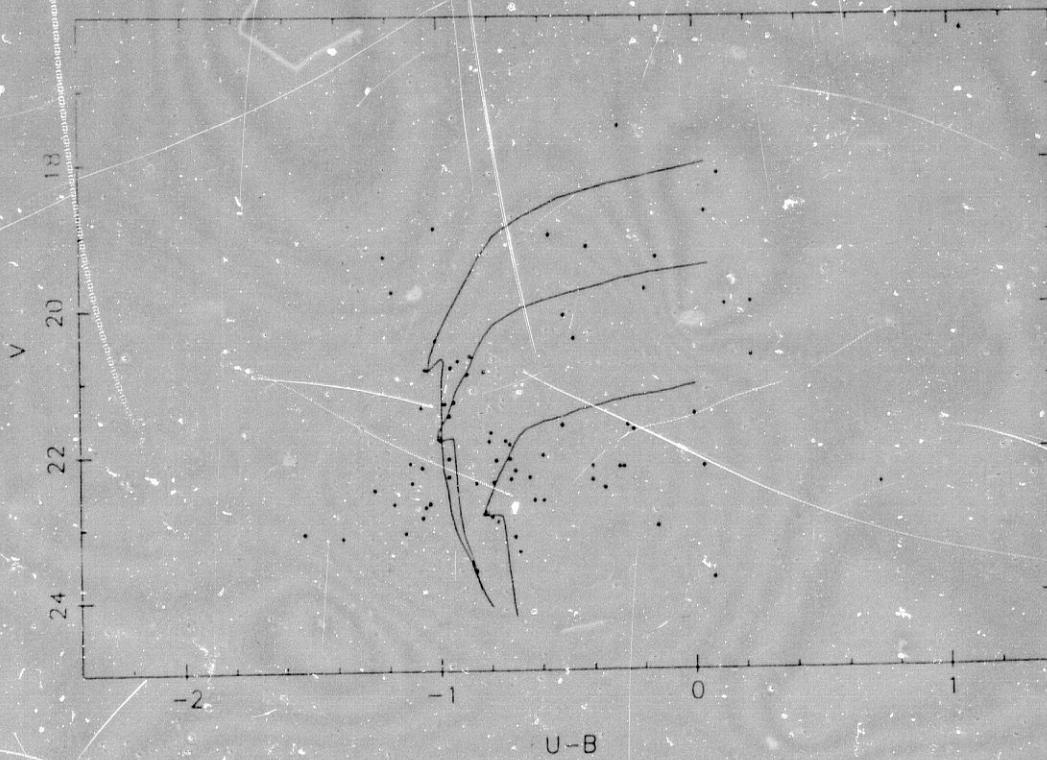


Figura 4.5b. Diagrama (U-B)-V. Se han representado las isocronas correspondientes a 10, 17 y 30 millones de años, interpoladas a partir de las dadas por Maeder y Mermilliod (1981) y Mermilliod y Maeder (1986).

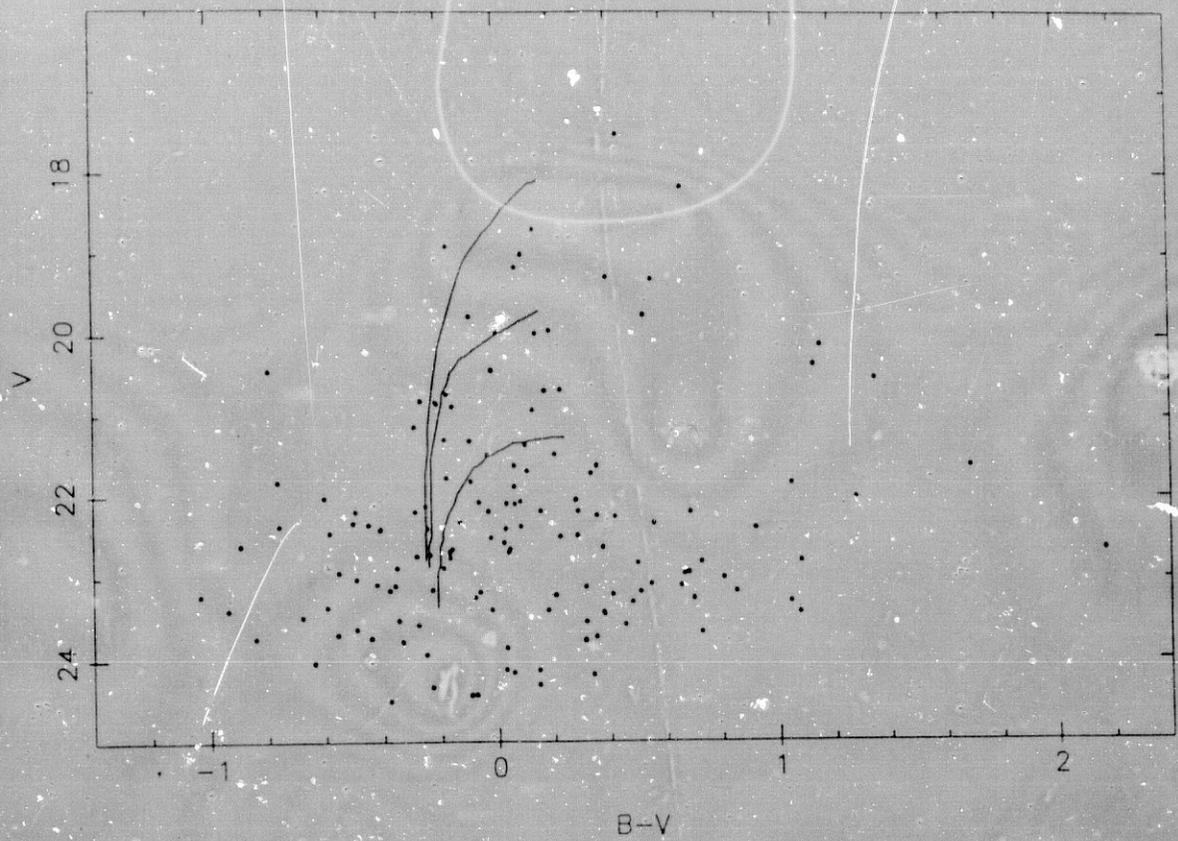


Figura 4.5c. Diagrama (B-V)-V. Se han representado las mismas isocronas de la figura 4.5b.

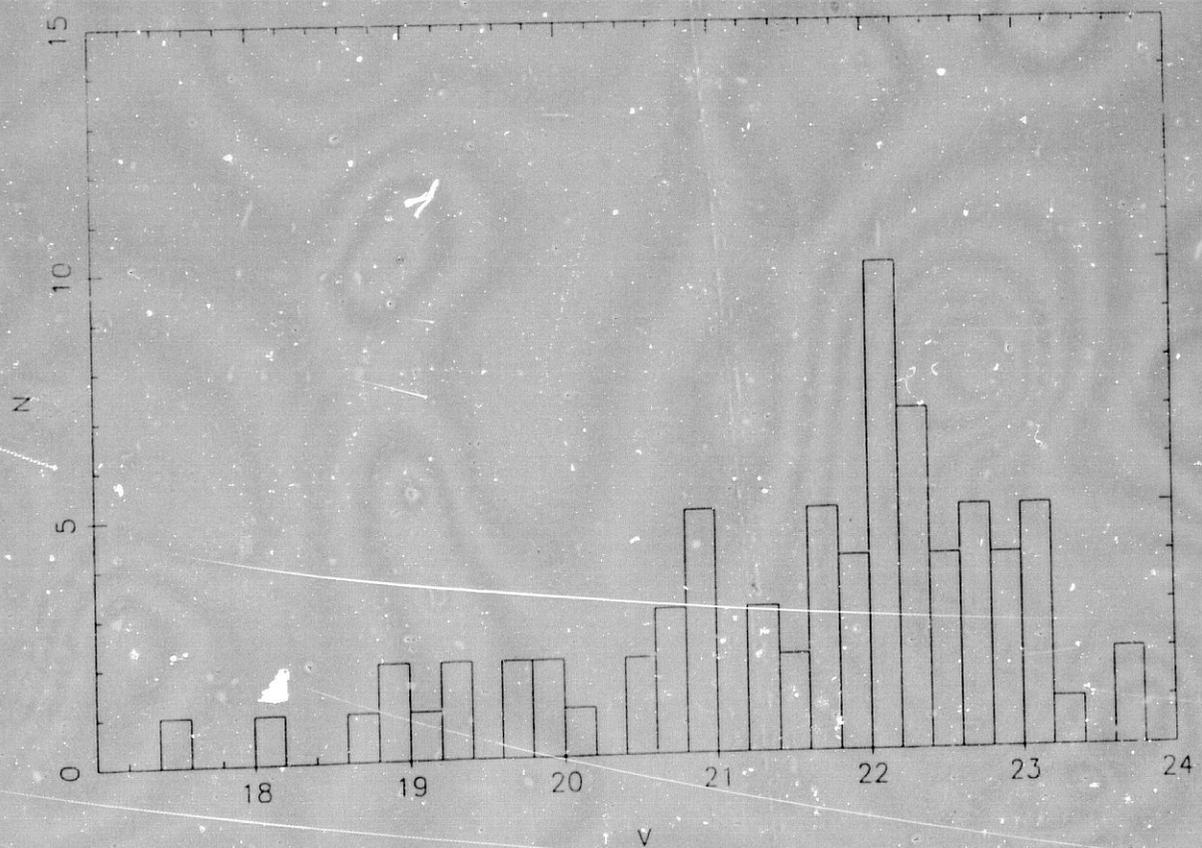


Figura 4.6. Distribución de las magnitudes V de las estrellas de GR 8 medidas en las tres bandas UBV.

4.4. MODULO DE DISTANCIA.

Tal como fue puntualizado por Moss y de Vaucouleurs (1986), el estudio de GR 8 ha estado siempre dificultado por el hecho de que hasta muy recientemente no han empezado a existir determinaciones mínimamente fidedignas de su módulo de distancia, a excepción de la primera llevada a cabo por Hodge (1967). Aportamos aquí una nueva determinación de la distancia a GR 8, siguiendo el mismo procedimiento explicado para Sextans A en el capítulo 3, basado en la morfología del diagrama color-color (figura 4.5a). A pesar de que el pequeño número de estrellas medidas en GR 8 hace que los errores sean grandes, las pocas alternativas existentes para esta galaxia hacen que sea interesante la determinación de su distancia por este procedimiento.

A partir de la estructura de la parte superior del diagrama color-color, puede decirse que las estrellas de secuencia principal comienzan a aparecer para $(U - B)$ comprendido entre -0.6 y -0.8 , que corresponde a M_V comprendida entre -1.35 y -2.15 . En tanto que la muestra de estrellas detectadas en U puede considerarse completa hasta $V = 23.2$, según puede deducirse de la figura 4.6, se obtiene para el módulo de distancia un valor de 24.9 . Por lo que se refiere a los errores que afectan a este valor, el reducido número de estrellas detectadas hace esperar que sea alto. De cualquier modo, esta estimación es concordante con la de Moss y de Vaucouleurs (1986) y aún con la llevada a cabo por Hodge (1967), pero no con la de HD, basada, como se ha dicho, en las magnitudes aparentes de un reducido número de estrellas rojas que estos autores suponen de carbono (véase en el capítulo 3 la discusión acerca de las estrellas de carbono en Sextans A).

Alternativamente, se ha considerado el método de las tres estrellas más brillantes, del que ya se ha hablado en el anterior capítulo. Por lo que respecta a su aplicación a GR 8, han de hacerse algunos comentarios. En primer lugar, el anteriormente discutido "defecto" de estrellas supergigantes rojas que presenta el

diagrama C-M de GR 8, hace inútil la utilización de las supergigantes rojas para la estimación de la distancia, por lo que sólo consideraremos las supergigantes azules. La más brillante de ellas que se halla presente en nuestra imagen, la número 68, resulta ser una estrella de campo, tal como han encontrado Moss y de Vaucouleurs (1986) y confirman los datos espectrofotométricos discutidos en el capítulo 1 de la presente tesis. Por otra parte, la estrella número 62, la tercera en luminosidad B una vez deshechada la número 68, podría ser también una estrella de campo, correspondiendo sus índices de color a los de una estrella G enana o subenana. En tal caso, se trataría de una estrella del halo emplazada aproximadamente a 4 Kpc de distancia. Los resultados que se obtienen no son muy sensibles a su inclusión o no. No obstante, no será tenida en cuenta en la siguiente discusión, quedándonos, finalmente, con las estrellas relacionadas en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Estrellas azules más brillantes

N	B	V
55	18.73	18.90
125	18.81	18.67
87	19.09	18.99

La magnitud media es $\langle B(3) \rangle = 18.88$. Con ella se obtiene un módulo de distancia de 25.2, si se utiliza el ajuste dado por Sandage (1986) y, de nuevo, 24.9 si se utiliza el dado en el capítulo 3 de la presente tesis. Resulta difícil hacer una estimación válida de la incertidumbre de estos valores, ya que, desafortunadamente, Schild y Maeder (1983) y Greggio (1986) no llegan en sus modelos a magnitudes

intrínsecas tan débiles como la de GR 8. Sin embargo, a la vista de los resultados que publican, cabe esperar que esa incertidumbre sea bastante alta.

Se utilizará un valor de 25.0 para el módulo de distancia de GR 8, equivalente a una distancia de 1.0 Mpc.

4.5. CONCLUSIONES.

En este capítulo se ha presentado fotometría *UBV* de 142 estrellas resueltas en GR 8. Se han realizado comparaciones con las escalas fotométricas obtenidas por otros autores y ha hecho una estimación del módulo de distancia de GR 8, que resulta ser de 25.0, en buen acuerdo con las determinaciones llevadas a cabo por Hodge (1974) y Moss y de Vaucouleurs (1986). No obstante, la pequeña cantidad de estrellas brillantes en GR 8 impide que la determinación sea muy precisa.

El análisis de los diagramas C-M de GR 8 indica que los brotes de formación estelar más recientes tienen una edad de alrededor de 10 millones de años.

5. DDO 187

5.1. INTRODUCCION.

DDO 187 (UGC 9128, A 1413+23) fue catalogada por primera vez por van den Bergh (1959) y sus propiedades fotométricas han sido dadas por de Vaucouleurs, de Vaucouleurs y Buta (1981), que obtuvieron $B_T = 14.35$, $(B - V) = 0.20$ y $(U - B) = -0.17$. Una imagen de esta galaxia puede verse en Fisher y Tully (1979).

Fisher y Tully (1981) y Sargent y Lo (1985), han llevado a cabo observaciones en 21 cm de DDO 187, de las que se obtiene una masa de hidrógeno de $3 \times 10^6 \times D^2 M_\odot Mpc^{-1}$ y una masa total de $1.14 \times 10^8 \times D M_\odot Mpc^{-1}$, siendo D la distancia a que se encuentra DDO 187. Estos valores, junto con sus características fotométricas, hacen de ella un objeto muy similar a otras galaxias irregulares en el Grupo Local, al que, aun con dudas, se había supuesto que pertenecía (Kraan-Korteweg y Tammann, 1979, la clasifican como "galaxia de campo, posible miembro del Grupo Local"). No obstante, la única determinación de su módulo de distancia, aparte de la llevada a cabo por nosotros (véase Aparicio *et al.*, 1988a), que se discute más adelante, ha sido dada recientemente por Hoessel (1986), que, a partir de la magnitud de sus tres estrellas supergigantes rojas y azules más brillantes, medidas en las bandas GR del sistema fotométrico de Gunn, ha encontrado un valor de 28.8, que la sitúa fuera del Grupo Local. Estos resultan ser los únicos datos fotométricos de estrellas resueltas en DDO 187 presentados con anterioridad a los nuestros, si bien, Hoessel (1986) sólo da el diagrama C-M, lo que impide la comparación de su escala fotométrica con la nuestra.

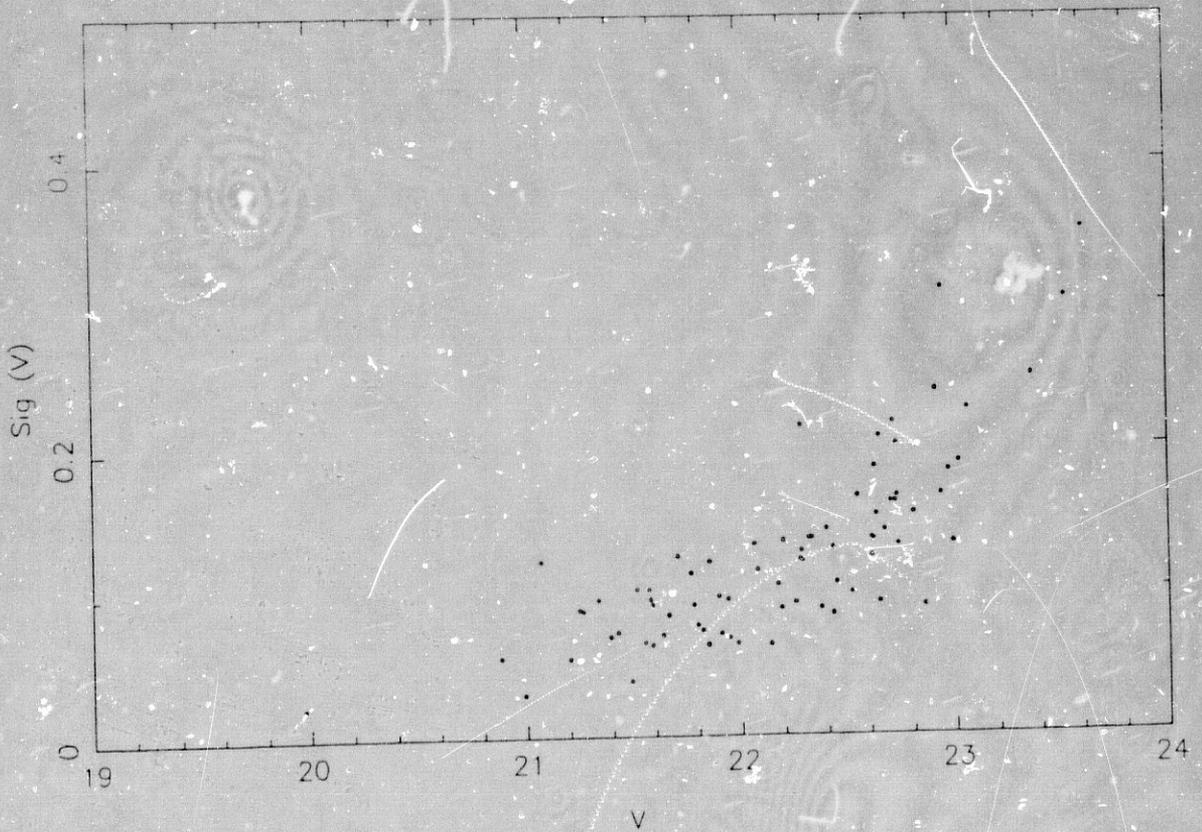
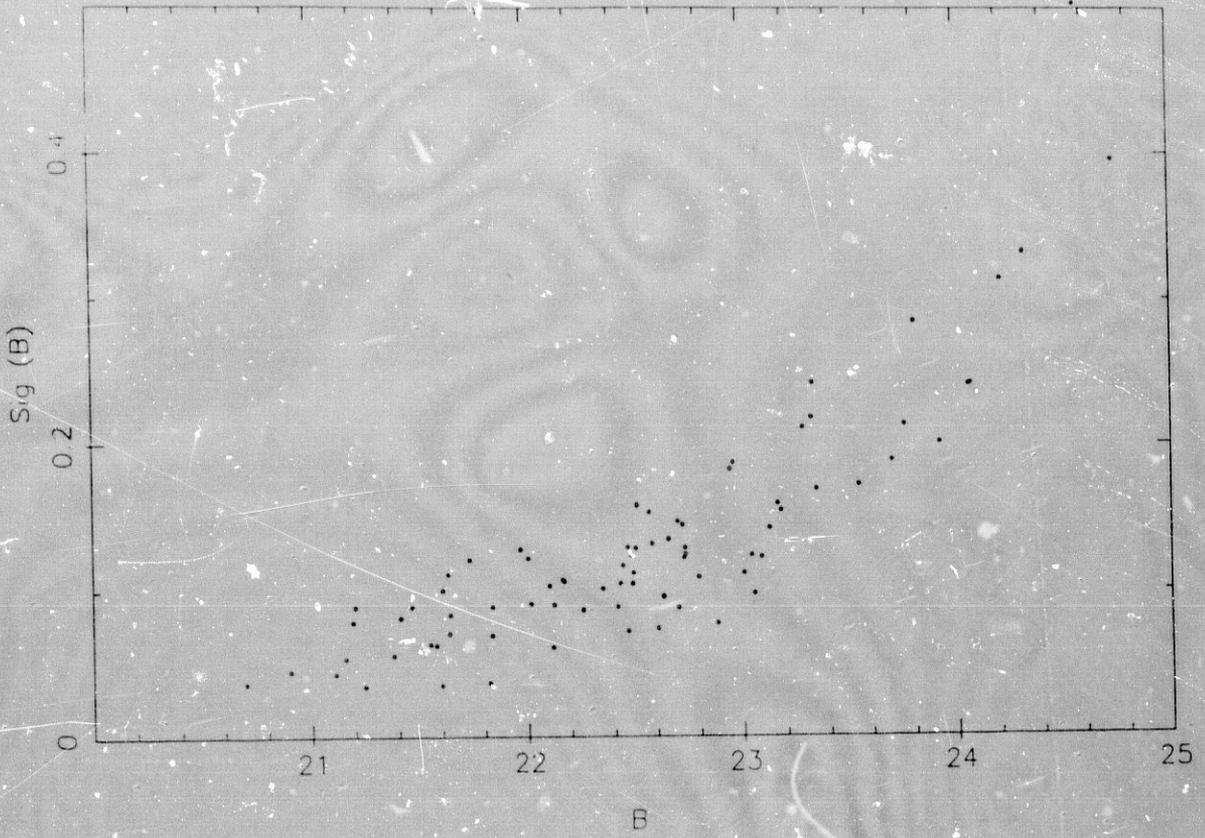
En el presente capítulo, siguiendo el esquema que puede verse en Aparicio, García-Pelayo y Moles (1988a), presentamos fotometría CCD *BV* de 77 estrellas resueltas en DDO 187. Esta galaxia fue elegida por nosotros para su estudio, en la idea de que se trataba de un miembro del Grupo Local, sobre el que, preferentemente, se centra nuestro interés.

5.2. OBSERVACIONES, REDUCCION DE DATOS Y RESULTADOS.

Las imágenes *BV* de DDO 187 fueron obtenidas en la misma campaña de observación que las de Sextans A y GR 8 (capítulos 3 y 4, respectivamente), la noche del 25 de Febrero de 1985 con una CCD en el foco primario del telescopio de 4 m del *Cerro Tololo Interamerican Observatory* (CTIO) (Chile). Las condiciones de observación fueron siempre fotométricas siendo la anchura a media altura de las imágenes estelares de 1.3" y los tiempos de exposición de 600 s para ambos filtros.

La reducción fotométrica se realizó como se describe en el punto 3.2, utilizando las transformaciones al sistema *standard* de Johnson que allí se dan. Los errores desprendidos del ajuste de la PSF en función de las correspondientes magnitudes *B* y *V*, se muestran, respectivamente, en las figuras 5.1a y 5.1b. Las magnitudes límite obtenidas son $B = 24.2$ y $V = 23.4$, en tanto que la muestra parece ser completa hasta $V = 22.5$. Discutiremos, no obstante, sobre este punto en el capítulo 6, al tratar de la función de luminosidad.

El número total de estrellas detectadas ha sido de 77. En la figura A2.3 (apéndice 2) se muestra la carta de identificación de dichas estrellas y en la tabla A2.3 (apéndice 2), los datos fotométricos obtenidos para ellas, corregidos de un exceso de color de $E(B - V) = 0.045$, que se obtiene de los mapas de extinción galáctica dados por Burstein y Heiles (1982).



Figuras 5.1a y 5.1b. Distribución de errores dados por el ajuste de PSF en función de las magnitudes B y V, respectivamente.

5.3. DIAGRAMA COLOR-MAGNITUD.

En la figura 5.2 se presenta el diagrama color-magnitud de DDO 187, sobre el que se han dibujado las isocronas correspondientes a 9 y 14 millones de años, tomadas de Mermilliod y Maeder (1986). Comparando este diagrama con la parte superior del correspondiente a Sextans A (véase capítulo 3), parece que la formación estelar ha sido menos importante en DDO 187, al menos, en los últimos 10 millones de años. Este punto queda confirmado mediante la comparación de las FIM de ambas galaxias, que se hará en el capítulo 7.

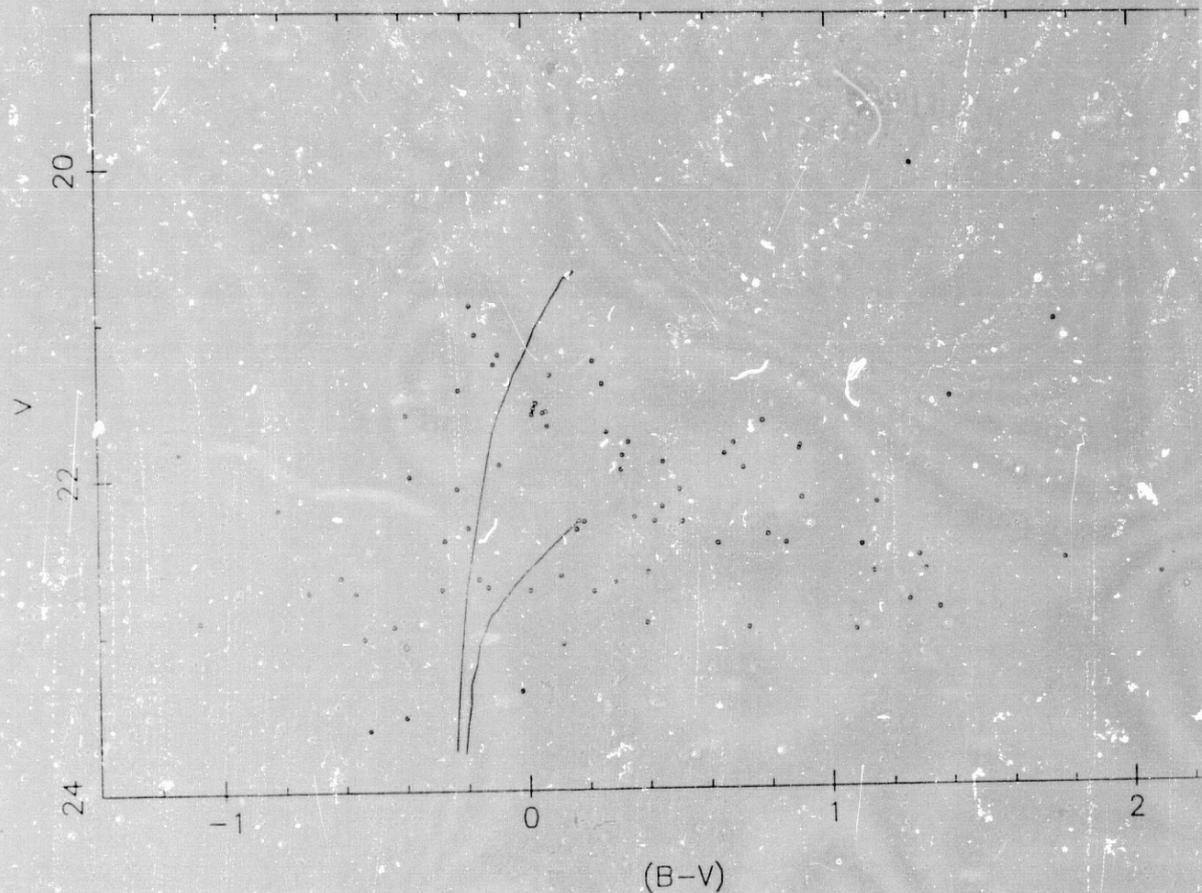


Figura 5.2. Diagrama color-magnitud. Las líneas dibujadas corresponden a las isocronas de 9 y 14 millones de años, interpoladas a partir de los modelos de Mermilliod y Maeder (1986).

5.4. MODULO DE DISTANCIA.

Hasta muy recientemente, el módulo de distancia de DDO 187 no había sido objeto de ninguna estimación. La primera de ellas es la realizada por Hoessel (1986), que utiliza la calibración desarrollada principalmente por Sandage y sus colaboradores basada en la relación empírica existente entre la magnitud absoluta de una galaxia y la de sus tres estrellas más brillantes, obteniendo un valor de 28.8. De los trabajos llevados a cabo por Schild y Maeder (1983), se desprende que el error en la estimación del módulo de distancia por este método aumenta rápidamente al considerar galaxias pequeñas e intrínsecamente débiles, como es el caso de DDO 187. No obstante, es el único método asequible con los datos de que, por el momento, se dispone de DDO 187, para la que aún no ha sido llevada a cabo una búsqueda sistemática de estrellas cefeidas. Tampoco es posible el método aplicado por nosotros para Sextans A (véase capítulo 3) de obtener el módulo de distancia a partir de la morfología del diagrama C-C, puesto que sólo se dispone de magnitudes B y V . Por lo demás, este método resulta también bastante impreciso cuando no hay medidas de una gran cantidad de estrellas. De este modo, hemos utilizado dicho criterio de las tres estrellas azules y rojas más brillantes de DDO 187 para una nueva estimación de su distancia. Dichas estrellas se relacionan en las tablas 5.1a y 5.1b. A partir de ellas se obtienen unas magnitudes medias de $\langle B(3) \rangle = 20.90$ y $\langle V(3) \rangle = 20.82$ para las azules y las rojas, respectivamente.

Tabla 5.1a. Supergigantes azules más brillantes en DDO 187

N	B	V
39	20.70	20.88
15	20.90	21.07
21	21.11	21.20

Tabla 5.1b. Supergigantes rojas más brillantes en DDO 187

N	B	V
33	21.24	19.97
5	22.73	20.99
13	22.88	21.49

Utilizando el ajuste dado por nosotros en el punto 3.4 y en Aparicio *et al.* (1987) para la relación entre la magnitud absoluta media de las tres supergigantes azules y rojas más brillantes y la magnitud total de la galaxia, los módulos de distancia que resultan son, respectivamente de 28.39 y 28.01. Alternativamente, si se utilizan los diagramas de Sandage (1986), se obtiene un valor de 28.7 a partir de las supergigantes azules, en tanto que las rojas no pueden ser utilizadas debido a la degeneración en distancia de dicho ajuste para $M \geq -14$. Por lo que se refiere a los errores, proceden de los fotométricos y de los del propio método utilizado, siendo estos, con mucho, los más importantes, como se desprende del trabajo de Schild y Maeder (1983). A partir de dicho trabajo, se pueden estimar en 0.5 a 0.6 magnitudes, con un nivel de confianza de alrededor del 70%

5.5 DISCUSION Y CONCLUSIONES.

La fotometría de las estrellas más brillantes de DDO 187 ha permitido obtener su módulo de distancia, aunque de forma imprecisa. La mejor estimación del mismo resulta ser de $\mu = 28.2 \pm 0.6$. Dada la gran incertidumbre de esta determinación, la concordancia con el de 28.8 dado por Hoessel (1986) puede considerarse buena y, al menos, confirma el hecho de que DDO 187 no es una galaxia del Grupo Local. Yahil *et al.* (1977) consideraron la solución cinemática para el Grupo Local, apuntando que tanto DDO 187 como Sextans A, Sextans B y GR 8 podrían no pertenecer a él. Los resultados que se aportan en la presente tesis sitúan a estas tres últimas galaxias dentro del Grupo Local, e indican que DDO 187 es la única galaxia de la lista usada por ellos que se encuentra fuera.

Una vez establecido que DDO 187 no es miembro del Grupo Local, podría considerarse la hipótesis de que perteneciese a otro grupo de galaxias. De hecho, aparece proyectada entre la nube *Canes Venatici I* y el grupo de M 101. Sin embargo, considerando las coordenadas supergalácticas de estos objetos, DDO 187 dista del centro de *Canes Venatici I*, que resulta ser el grupo más próximo, 2.1 Mpc. Como quiera que el diámetro de *Canes Venatici I* es de 1.5 Mpc, la conclusión más probable es que DDO 187 es una galaxia de campo. Esto apoya el hecho observacional, ya expuesto en la introducción de esta tesis, de que las galaxias irregulares enanas tienden a localizarse en los bordes de los cúmulos y agrupaciones de galaxias, quizá debido a que su fragilidad les impide vivir como tales en lugares donde las fuerzas de marea son mayores.

Después de haber estimado la distancia a que se encuentra DDO 187, su magnitud absoluta resulta ser $M_{B_T}^0 = -14.03$; su tamaño lineal (véase Nilson, 1973), 2.25 Kpc; su masa en HI, $5.7 \times 10^7 M_\odot$ y su masa total, $5.0 \times 10^9 M_\odot$ (véase Fisher y Tully, 1981 y Sargent y Lo, 1985, para datos de 21 cm).

6. FUNCIONES DE LUMINOSIDAD

6.1. INTRODUCCION.

En este capítulo nos centraremos en la obtención de la función de luminosidad (FL) de las tres galaxias estudiadas fotométricamente (Sextans A, GR 8 y DDO 187). La función de luminosidad, aunque no es tan útil para el estudio de la formación estelar como la función inicial de masas, ofrece la ventaja de poder ser determinada con precisión, al menos en su extremo de alta luminosidad, para gran cantidad de galaxias, permitiendo la comparación directa de sus poblaciones estelares más brillantes. Hemos considerado para su cálculo el número de estrellas en intervalos de media magnitud, normalizando a la superficie en Kpc^2 para poder comparar parámetros específicos.

También analizaremos la función de porcentaje de luz procedente de las estrellas más luminosas de cada una de las galaxias. Esta función representa la luminosidad integrada de las estrellas más brillantes que una cierta magnitud, relativa a la luminosidad total de la galaxia y ofrece un punto de vista complementario al de la función de luminosidad para la comparación de poblaciones estelares.

Previamente a la obtención de la FL de un sistema estelar deben considerarse dos puntos: contaminación por estrellas de campo de la muestra de estrellas observadas y enrojecimiento interno. Estos aspectos serán discutidos por separado en cada caso particular.

6.2. FUNCION DE LUMINOSIDAD DE SEXTANS A.

Como se ha dicho en la introducción de este capítulo, previamente a la obtención de la FL de una galaxia, se han de considerar dos cuestiones: la contaminación por estrellas de campo y el enrojecimiento interno. En primer lugar, la contaminación por estrellas extrañas a Sextans A no puede ser importante dado que esta galaxia se encuentra a una latitud galáctica alta ($b=39.9^\circ$). A partir de los datos publicados por Spaenhauer (1981), a esta latitud, cabe esperar sólo 14 estrellas de campo en el rango $17 \leq V \leq 24$ proyectadas sobre el área cubierta por Sextans A y sólo 5, en el rango $17 \leq V \leq 20$ (SC dedujeron un valor de 7, en buena concordancia). Hemos eliminado ya del presente estudio las estrellas con movimiento propio o demasiado brillantes para pertenecer a Sextans A (véase punto 3.4c). Consecuentemente podemos asegurar que la contaminación por estrellas de campo no afecta a la FL que se obtenga.

El segundo aspecto a considerar citado en el punto 6.1 es la extinción interna. Ya hemos apuntado en el capítulo 3 que parte de las estrellas detectadas en Sextans A pueden estar afectadas de enrojecimiento interno. La discusión de los diagramas C-C y C-M que se hace en este capítulo, no se halla esencialmente modificada por la inclusión de las estrellas enrojecidas, que representan sólo el 10% del total y se encuentran además dispersas por la totalidad de la galaxia. Sin embargo, éste no es necesariamente el caso cuando se trata de la FL, porque estas estrellas son casi todas supergigantes por lo que son críticas para la FL, pudiendo distorsionar particularmente su extremo más brillante. Para corregir en parte este efecto, realizaremos el siguiente proceso. Teniendo en cuenta que la anchura de la distribución de puntos correspondientes a las estrellas no enrojecidas (o con enrojecimiento comprendido dentro de la dispersión) de clases de luminosidad V a I es de aproximadamente 0.7 magnitudes (desde $(U - B) = 0$ a $(U - B) = -0.82$) (véase el diagrama C-C, figura 3.6a), se puede definir una banda de esta anchura centrada en dichas clases de luminosidad, asumiendo que las estrellas contenidas

en esta zona tienen enrojecimiento cero y eliminando todas las estrellas situadas a la izquierda de esta banda. En un segundo paso, definimos otra banda de la misma anchura justamente a la derecha de la anterior y limitada por su parte superior por una línea paralela al vector de enrojecimiento y a una altura compatible con el mínimo valor de $(U - B)$ esperado para una estrella. Para las 167 estrellas contenidas en esta banda, adoptamos un enrojecimiento común de $E(B - V) = 0.7$. Las que se encuentran por encima o a la derecha de ella, son eliminadas.

En la figura 6.1 se presenta la FL de Sextans A no corregida de enrojecimiento, en intervalos de 0.5 magnitudes por Kpc^2 y para un módulo de distancia de 25.6. Cuando se tiene en cuenta la corrección descrita más arriba, la función de luminosidad se eleva ligeramente por la parte azul (aproximadamente 0.3 en el $\log(\Phi/0.5^m/\text{Kpc}^2)$, para $M_{pg} = -7$) permaneciendo prácticamente inalterada para $M_{pg} \geq -5$. Esta FL corregida de enrojecimiento, no ha sido representada para mayor claridad de la figura. Aparecen, además, con trazo grueso las FL correspondientes a DDO 187 y GR 8, las otras dos galaxias analizadas fotométricamente en esta tesis, sobre las que se discute a continuación, y las de otras galaxias del Grupo Local, cuyos datos han sido tomados de Lequeux *et al.* (1980) para la Nube Grande de Magallanes y la Vía Láctea y de Sandage y Katem (1976), para IC 1613. En esta figura puede verse que la contribución de las estrellas más luminosas al brillo superficial de Sextans A es mayor que la de cualquier otra de las galaxias consideradas, excepto GR 8. Esto es también lo que se encuentra cuando se considera la fracción de luminosidad fotográfica aportada por estrellas más brillantes que una magnitud absoluta dada (figura 6.2). La curva correspondiente a Sextans A se aparta considerablemente de las de la Nube Grande de Magallanes (LMC), IC 1613, DDO 187 o la Galaxia. La contribución de las estrellas más brillantes que $M_{pg} = -5$ a la luz total llega hasta el 15%, tres veces mayor que la correspondiente a las otras galaxias (excepción hecha de GR 8). Esto indica la existencia de una activa formación estelar en Sextans A.

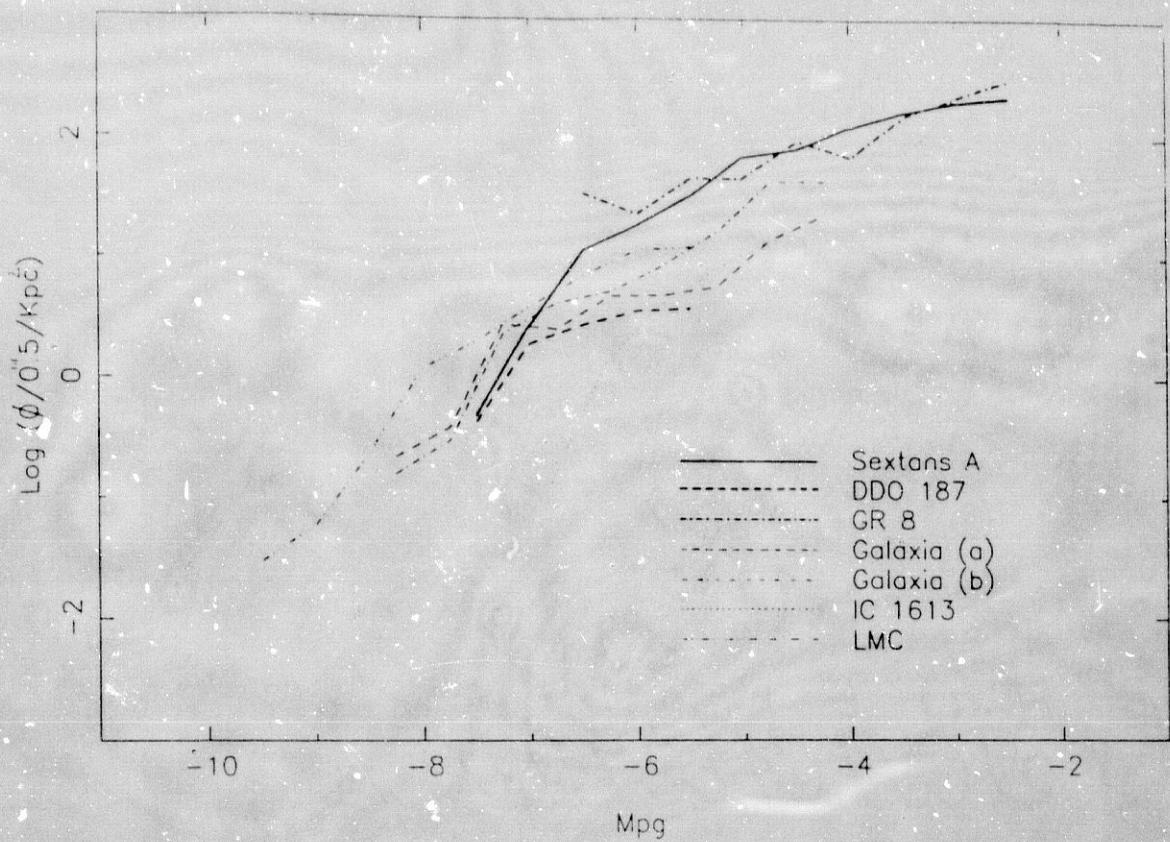


Figura 6.1. Función de luminosidad, dada en pasos de 0.5 magnitudes por Kpc^2 en función de las magnitudes fotográficas de las estrellas, para algunas galaxias del Grupo Local.

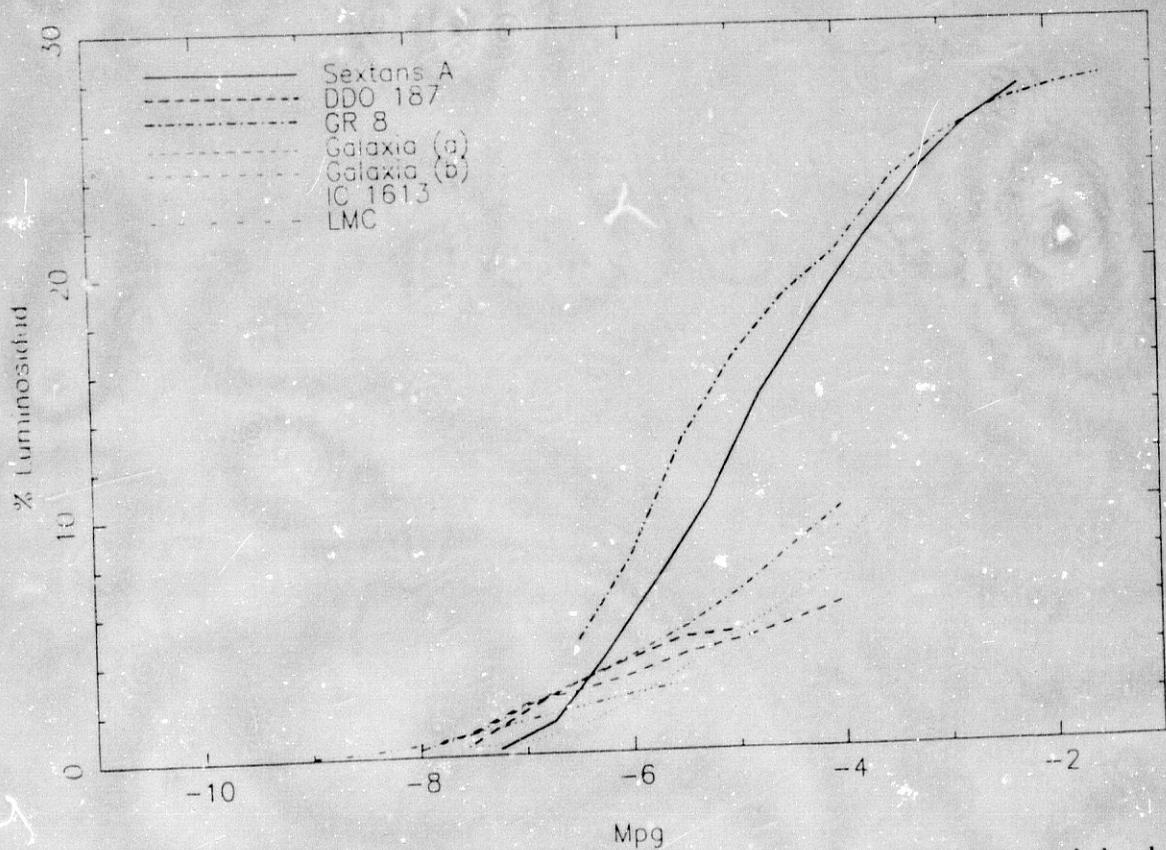


Figura 6.2. Contribución de las estrellas brillantes a la luminosidad total de algunas galaxias del Grupo Local.

6.3. FUNCION DE LUMINOSIDAD DE GR 8.

Por lo que se refiere a la contaminación de la FL de GR 8 por estrellas de campo, como se ha discutido en los puntos 1.3 y 4.4, la estrella número 68 es de nuestra propia galaxia y ha quedado eliminada desde un principio. Por otra parte, a partir de los datos de Spaenhauer (1981), es posible deducir que sólo se espera una estrella de campo más brillante que $V=24$ proyectada sobre GR 8, por lo que se puede despreciar este efecto.

En cuanto al enrojecimiento interno, ya hemos apuntado en el capítulo 4 que no es posible determinarlo de forma suficientemente precisa, motivo por el cual, la función de luminosidad no ha sido corregida de él. El resultado, junto con la función de luminosidad de otras galaxias próximas se presenta en la figura 6.1. A pesar de las grandes diferencias entre los parámetros absolutos de Sextans A y GR 8, las funciones de luminosidad de ambas son bastante parecidas. La contribución relativa de las estrellas brillantes a la luminosidad total de la galaxia puede verse en la figura 6.2. De nuevo, las curvas correspondientes a GR 8 y Sextans A son muy similares.

6.4. FUNCION DE LUMINOSIDAD DE DDO 187.

A partir de los datos dados por Spaenhauer (1981), no cabe esperar más de dos estrellas de la Vía Láctea más brillantes que $V=24$ proyectadas sobre DDO 187 y no más de una más brillante que $V=20$, por lo que la contaminación de la FL por estrellas de campo, se puede despreciar. Por lo que se refiere al enrojecimiento interno, la situación es mucho menos favorable que en el caso de Sextans A (punto 6.2), pues no es posible controlarlo, al no disponer de medidas U .

En definitiva, la función de luminosidad de DDO 187 sin corregir de enrojecimiento interno se presenta en la figura 6.1, junto con la de otras galaxias del Grupo Local. El porcentaje de luz aportado por las estrellas más brillantes se da también en la figura 6.2. Ambas funciones para DDO 187 aparecen similares en forma a las de otras galaxias irregulares, exceptuando Sextans A y GR 8, pero con una menor cantidad de estrellas, en concordancia con la menor tasa de formación estelar que se encuentra para DDO 187 (véase capítulos 5 y 7). Es preciso señalar, sin embargo, que, dada la mayor distancia a que se encuentra DDO 187, el solapamiento entre las imágenes estelares debe afectar a la completitud de la muestra de estrellas comparativamente débiles que se encontrarían inmersas en las colas de las imágenes de las más brillantes. En efecto, con el *seeing* de $1.3''$ medido para DDO 187 y supuesta a un módulo de distancia de 28.2, la resolución que se obtiene sobre su superficie es de 27.5 pc; en tanto que la correspondiente, por ejemplo a Sextans A, bajo las mismas condiciones observacionales, sería de 8.3 pc. Esto podría repercutir en una subestimación de la tasa de formación estelar. Sin embargo, como se discute en el capítulo 7, los bajos resultados para la tasa de formación estelar que se obtienen a partir de la cuenta de estrellas son compatibles con los que se obtienen a partir de los parámetros α_L y α_M de Gallagher, Hunter y Tutukov (1984), obtenidos a partir de parámetros globales de la galaxia, así como el bajo brillo superficial de esta galaxia (véase tabla 6.1).

Tabla 6.1. Contribución a la luminosidad de las estrellas resueltas y no resueltas de Sextans A, GR 8 y DDO 187.

Población	$(U-B)_O$	$(B-V)_O$	M_{B_0}	$m_{B_0}/(")^2$
Sextans A				
Total de la galaxia	-	0.29	-13.85	23.45
Estrellas resueltas	-	0.18	-12.48	-
Población subyacente	-	0.33	-13.49	23.81
GR 8(a)				
Total de la galaxia	-0.51	0.29	-10.37	23.49
Estrellas resueltas	-	0.19	- 9.15	-
Población subyacente	-	0.33	- 9.95	23.91
GR 8(b)				
Total de la galaxia	-0.51	0.29	-10.37	23.49
Estrellas resueltas	-0.60	0.17	- 9.03	-
Población subyacente	-0.47	0.34	-10.00	23.86
DDO 187				
Total de la galaxia	-0.20	0.16	-14.03	24.21
Estrellas resueltas	-	0.22	-10.74	-
Población subyacente	-	0.15	-13.98	24.26

los resultados que hemos discutido hasta aquí, así como con su FIM y su tasa de formación estelar, sobre las que trataremos en el capítulo siguiente. Si se tiene en cuenta que el valor de su $(U - B)$ integrado sí corresponde a una galaxia de las propiedades que muestra DDO 187, se puede pensar en la existencia de un fuerte error en la determinación de su magnitud V por de Vaucouleurs, de Vaucouleurs y Buta (1981).

7. FORMACION ESTELAR

7.1 INTRODUCCION.

Como se discute en el apéndice 1, la evolución de una galaxia está profundamente caracterizada por la formación estelar que tiene lugar en su seno. Esta formación estelar puede considerarse parametrizada por una función $C(m,t) = \Phi(m)T(t)$, de variables separables, donde $\Phi(m)$ es la función inicial de masas (FIM) y $T(t)$, la función tasa de formación estelar (FTFE). Como allí se dice, distinguiremos entre esta función, como parte dependiente del tiempo de la función $C(m,t)$ y la tasa de formación estelar, que escribiremos sin abreviatura y que se refiere al resultado de integrar $C(m,t)$ entre ciertos límites de masa y tiempo o, simplemente, al de dividir el número de estrellas pertenecientes a un rango de masas por el tiempo de vida de las mismas.

Aunque no es posible la determinación directa y exacta de $T(t)$ en sistemas exteriores a la Vía Láctea en los que, como en las galaxias que estamos estudiando en la presente tesis, sólo es posible la observación de las estrellas más brillantes, conociendo la FIM y la metalicidad de estos sistemas, es posible obtener información acerca de los caminos que ha podido seguir su evolución. En este sentido, nos ocuparemos en este capítulo de la obtención de las FIM de las tres galaxias que hemos estudiado fotométricamente (Sextans A, GR 8 y DDO 187), realizando un esbozo para la historia evolutiva de cada una de ellas. Discutimos a continuación sobre la existencia de una relación entre la masa de gas atómico y la tasa de formación estelar en galaxias irregulares y amorfas, en general, así como de posibles dependencias de $C(m,t)$ con otros parámetros de este tipo de galaxias, tales como la fracción de gas, la metalicidad o la propia masa de gas.

7.2. GENERALIDADES SOBRE LA OBTENCION DE LA FUNCION INICIAL DE MASAS.

Uno de los procedimientos más precisos para el cálculo de la FIM de un sistema estelar consiste en la determinación de la función de luminosidad (FL) de sus estrellas de secuencia principal. La función actual de masas se obtiene entonces mediante la relación masa-luminosidad de estas estrellas. Para pasar de la función actual de masas a la FIM, basta entonces multiplicar por la relación masa-tiempo de vida de dichas estrellas de secuencia principal. Este procedimiento tiene la cualidad, en primer lugar, de que es relativamente sencillo determinar en un diagrama C-M o H-R qué estrellas se encuentran en secuencia principal. En segundo lugar, tanto la relación masa-tiempo de vida como la relación masa-luminosidad de estas estrellas están bien determinadas, obteniéndose la primera de ellas a partir de modelos teóricos y la segunda, observacionalmente a partir de las binarias eclipsantes. Ambas relaciones son dependientes de la metalicidad. Sin embargo, la relativa poca cantidad de estrellas de secuencia principal que detectamos y, sobre todo, el alto error con que, debido a su debilidad, están determinadas sus magnitudes, nos obliga a utilizar un método alternativo para la obtención de la FIM en el que éstas son, precisamente, las estrellas eliminadas, considerando sólo aquellas que, en el diagrama C-M, se encuentran a la derecha de la clase de luminosidad IV. Este procedimiento tiene la ventaja de que en la zona del diagrama C-M considerada se hallan presentes estrellas de masas menores que en la secuencia principal. Sin embargo, los tiempos de vida son mucho más imprecisos y no existe una relación analítica entre masa y luminosidad. Se hace necesaria, por estos motivos, la utilización de un conjunto de trazas evolutivas de estrellas de diferentes masas, procedentes de modelos teóricos, superpuestas al diagrama C-M.

Sea e_i la traza correspondiente a una estrella de masa m_i y r_i , la región del diagrama C-M limitada por la izquierda por la clase de luminosidad IV y por abajo y por arriba, por las trazas e_i y e_{i+1} , respectivamente. Una estrella de masa

comprendida entre m_i y m_{i+1} vivirá en la región r_i un tiempo τ_i , que definimos como

$$\tau_i = t_i - \frac{t_i - t_{i+1}}{3}$$

donde t_i es el tiempo que vive una estrella de masa m_i desde que atraviesa la clase de luminosidad IV hasta su muerte. Esta interpolación se justifica por el hecho de que los tiempos de vida no varían linealmente con la masa. La tasa de formación estelar para el intervalo de masas (m_i, m_{i+1}) se obtiene dividiendo el número de estrellas presentes en la región r_i por el tiempo τ_i . A partir de estas tasas de formación estelar podemos entonces determinar la FIM.

Los errores más importantes proceden de que no siempre es posible utilizar un grupo de modelos evolutivos coherentes y de la metalicidad adecuada, sea porque ésta no es conocida para el sistema en estudio, sea simplemente porque dichos modelos no existen. En el siguiente estudio se han utilizado dos grupos de modelos para los distintos casos, de metalicidades solar y 1/20 de la solar, respectivamente. Para la metalicidad solar, se han elegido los de Bertelli *et al.* (1986), para 4, 5, 6, 7 y 9 M_\odot , completados para 15 y 20 M_\odot con los de Maeder (1987). Como existe inconsistencia entre las escalas de tiempo de evolución de Bertelli *et al.* y Maeder, se han transformado los datos por Maeder para hacerlos coherentes con los de Bertelli *et al.* Para metalicidad 1/20 de la solar, se han elegido los modelos de Bertelli *et al.* (1986) para 3, 4, 5, 6, 7 y 9 M_\odot .

7.3. FORMACION ESTELAR EN SEXTANS A.

El primer problema que se presenta para la determinación de la FIM de Sextans A es el desconocimiento de su metalicidad. Sin embargo, apoyados en la similitud de sus características físicas con las de Sextans B, adoptaremos la misma metalicidad que para ella; es decir, 1/6 de la solar (véase capítulo 2 de la presente tesis), tomando para la determinación de la FIM las trazas evolutivas de metalicidad solar descritas en el punto 7.2. En la tabla 7.1 se da para cada intervalo de masas, el número de estrellas, el tiempo de vida y la tasa de nacimiento, obtenida como se ha explicado en el punto anterior. Puesto que entre 4 y 5 M_{\odot} la muestra empieza a perder completitud, el número de estrellas que se da para este rango de masas ha sido completado extrapolando la densidad de estrellas de la parte alta del intervalo a la parte baja.

Tabla 7.1 Tasas de formación estelar en Sextans A.

Δm	N	t (años)	Tasa (N/t)
4-5	560	1.18×10^7	4.74×10^{-5}
5-6	335	6.66×10^6	5.03×10^{-5}
6-7	184	4.39×10^6	4.19×10^{-5}
7-9	207	2.91×10^6	7.11×10^{-5}
9-15	118	1.54×10^6	7.66×10^{-5}
15-20	26	5.81×10^5	4.47×10^{-5}
>20	11	3.00×10^5	3.67×10^{-5}

La FIM no normalizada que se obtiene es:

$$\Phi(m)dm = 5.05 \times 10^{-3} m^{-2.36} dm$$

donde, como se define en el apéndice 1, $\Phi(m)dm$ representa el número de estrellas que, en la actualidad, se forman por año y con masa al nacer comprendida entre m y $m + dm$. Los errores, tanto del exponente de la masa como de su coeficiente, que se derivan del ajuste por mínimos cuadrados, son del orden de 0.1, por lo que las mayores fuentes de error están relacionadas con la validez de los modelos de evolución estelar para la metalicidad de Sextans A y con el hecho de haber utilizado dos conjuntos de modelos.

Resulta, en este punto, posible hacer un cálculo de los valores de la metalicidad y masa contenida en estrellas y restos estelares que se predicen con esta FIM, considerando a Sextans A como un sistema cerrado. Siguiendo lo expuesto por Tinsley (1980) y utilizando los *stellar yields* dados por Maeder (1981), así como los valores para la masa total y masa de gas de Sextans A dados en el punto anterior, se obtiene para la metalicidad del gas unos valores de 0.15 y 0.35 de la solar, cuando se consideran unos límites superiores para las masas estelares de $30 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$, respectivamente. Estos valores están en muy buena correspondencia con el asumido como hipótesis de 1/6 del solar. En cuanto a la masa contenida en estrellas y restos estelares, si se supone una FTFE constante en el tiempo, se obtienen unos valores de 2.19×10^8 y 1.94×10^7 , respectivamente, suponiendo que la masa de los restos sea de $0.7 M_{\odot}$ y $1.4 M_{\odot}$ para las estrellas con masa al nacer menor y mayor que $4 M_{\odot}$, respectivamente. Estos valores representan casi el triple de la masa en objetos estelares de Sextans A. Sin embargo, dado que conocemos muy poco o nada de su población estelar de baja masa, dichos valores pueden considerarse aceptables y, en todo caso, indican que no es necesario recurrir a una FTFE decreciente, que daría valores mayores, sino, en todo caso, a una creciente. Esto queda confirmado por los valores de los parámetros α_M y α_L introducidos por Gallagher, Hunter y Tutukov (1984) y que representan las tasas de formación estelar promediada a lo largo de toda la vida de la galaxia, el primero y a los últimos 10^9 años, el segundo. No es posible calcular el tercer parámetro introducido por estos autores, α_C , que refleja la tasa de formación estelar de los últimos 3×10^6 años, puesto que no disponemos de la luminosidad H_{α} total de Sextans A. Utilizando directamente las

ecuaciones dadas por Gallagher, Hunter y Tutukov (1984) (obtenidas con FIM de Salpeter, límites de masa de 0.1 y $100M_{\odot}$ y edad de la galaxia de 1.5×10^{10} años), se obtiene $\log(\alpha_L/\alpha_M) = 0.19$. Si se considera la FIM obtenida para Sextans A, unos límites inferior y superior para la masa de 0.1 y $50 M_{\odot}$, respectivamente, y una edad de la galaxia de 10^{10} años, valores utilizados en los anteriores cálculos, se obtiene $\log(\alpha_L/\alpha_M) = 0.34$. Ambos valores trasladados al diagrama que presentan Gallagher, Hunter y Tutukov (1984) en su figura 5, indican que la tasa de formación estelar de Sextans A es moderadamente creciente.

7.4. FORMACION ESTELAR EN GR8.

Al contrario de lo que sucedía para Sextans A, en este caso si disponemos de la metalicidad de GR 8, obtenida en el capítulo 1. Tomaremos para el cálculo de la FIM las trazas evolutivas de 1/20 de metalicidad solar, descritas en el punto 7.2. En la tabla 7.2 se relacionan las tasas de nacimiento de estrellas en GR 8 para cada rango de masas, obtenidas como se explica en el punto 7.2.

Tabla 7.2. Tasas de formación estelar en GR 8.

Δm	N	t (años)	Tasa (N/t)
3 - 4	16	1.50×10^7	1.07×10^{-6}
4 - 5	10	7.41×10^6	1.35×10^{-6}
5 - 6	5	4.51×10^6	1.11×10^{-6}
6 - 7	4	3.11×10^6	1.29×10^{-6}
7 - 9	6	2.23×10^6	2.69×10^{-6}
> 9	6	1.22×10^6	4.91×10^{-6}

La FIM no normalizada resultante tiene la forma

$$\Phi(m)dm = 2.67 \times 10^{-5} m^{-1.3} dm$$

donde $\Phi(m)dm$ representa el número de estrellas que actualmente se forman en GR 8 por año con masa al nacer comprendida entre m y $m + dm$. Esta FIM puede ser considerada una buena estimación para estrellas con masa entre 3 y $15 M_{\odot}$,

que son las que pueblan nuestro diagrama HR. Es de resaltar que el valor absoluto del exponente de la masa, α resulta ser muy pequeño. Este valor es difícil de compaginar con la baja metalicidad de GR 8 y con su bajo contenido en gas, de alrededor del 4% de la masa total (véase Fisher y Tully, 1981), cuando se utiliza un modelo de evolución simple, en el que se considera como hipótesis más fuerte que el sistema es cerrado (utilizaremos el trabajo de Tinsley (1980) como referencia básica, así como la terminología allí definida). De hecho, la *returned fraction* toma un valor de $R = 0.58$ cuando se considera un límite superior de masa para la FIM de $30 M_{\odot}$. A partir de los *stellar yields* dados por Maeder (1981), el *net yield* resulta $y = 0.064$, alcanzando, por tanto, la metalicidad del gas un valor altísimo. Si, por el contrario, se considera un límite superior para la masa de $15 M_{\odot}$ (el mínimo posible, en tanto que hay estrellas de esta masa presentes actualmente en GR 8), el *net yield* vale $y = 0.006$ y la metalicidad del gas pasa a ser próxima a la solar, lo que también resulta demasiado.

De todo lo dicho se desprende la necesidad de recurrir a modelos de evolución química algo más complicados que, como primer paso, prescindan de la restrictiva hipótesis de sistema cerrado. En este sentido, sólo mediante la pérdida de materia enriquecida procedente de la explosión de supernovas, nada improbable en una galaxia de la reducida masa de GR 8, se puede dar una explicación sencilla tanto a la baja metalicidad como al bajo contenido en gas de GR 8.

Otro parámetro a tener en cuenta es la abundancia de helio, para la cual se obtuvo, en el capítulo 1, un valor del $(32 \pm 7)\%$. Como allí se dijo, el viento estelar es más efectivo respecto al enriquecimiento en helio que al enriquecimiento en metales. Por tanto, aún con pérdida de material enriquecido procedente de la explosión de supernovas, puede justificarse una relativamente alta abundancia de helio. A partir de los *stellar yields* dados por Maeder (1981), antes citados, y considerando el caso B de pérdida de masa, se obtienen unos valores para la abundancia de helio de 0.18 y 0.38 sobre el valor cosmológico, si no se considera pérdida de material enriquecido y para unos límites superiores de masa para la

FIM de $30 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$, respectivamente. Si se supone que todo el material procedente de la explosión de supernovas se escapa de la galaxia, estas abundancias pasan a ser de 0.03 y 0.12 sobre el valor cosmológico. Estos resultados corroboran la conclusión de la necesidad de pérdida del material enriquecido obtenida del análisis de la metalicidad. En este caso, un límite superior para la masa estelar comprendido entre $30 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$ unido a la pérdida de la casi totalidad del gas procedente de la explosión de supernovas, es suficiente para explicar el valor del 32% antes citado.

Otro punto conflictivo es la actual tasa de formación estelar de GR 8, que vale $1.45 \times 10^{-4} M_{\odot} a^{-1}$ y $1.79 \times 10^{-4} M_{\odot} a^{-1}$ cuando se consideran límites superiores de masa para la FIM de $15 M_{\odot}$ y $30 M_{\odot}$, respectivamente, extrapolándola hasta un límite inferior, en ambos casos, de $0.1 M_{\odot}$. Suponiendo remanentes estelares de $0.7 M_{\odot}$ y $1.4 M_{\odot}$ para estrellas con masa al nacer menor y mayor que $4 M_{\odot}$, respectivamente, la masa contenida en estrellas y remanentes estelares en GR 8, si la FTFE ha sido constante, sería de sólo un 1% del total, en lugar del 96% que se desprende de los datos dados por Fisher y Tully (1975 y 1981) y Sargent y Lo (1985). Esta discrepancia puede ser resuelta con una FTFE fuertemente decreciente, con una FIM bimodal o con una combinación de ambas. Estas posibilidades se ponen también de manifiesto si se calculan los parámetros α_M y α_L introducidos por Gallagher, Hunter y Tutukov (1984), de los que ya hemos hablado en el punto 7.3. El valor que toma el $\log(\alpha_L/\alpha_M)$ es de -0.94, calculado analíticamente a partir de la FIM obtenida para GR 8 y con los mismos criterios para límites de masa y edad de la galaxia expuestos en el punto 3.8. Si se hace uso de las ecuaciones dadas por Gallagher, Hunter y Tutukov (1984), que utilizan una FIM de Salpeter, el valor que se obtiene es de -0.81. Como puede verse sobre las figuras 4 y 5 presentadas por Gallagher, Hunter y Tutukov (1984), estos valores corresponden a una FTFE decreciente, aunque ha de tenerse en cuenta que una FIM bimodal produce efectos similares. No podemos, al no disponer del flujo total H_{α} , calcular el tercer parámetro α_C de Gallagher, Hunter y Tutukov (1984). Sin embargo, los índices de color de GR 8, en comparación con los que se derivan

de los modelos teóricos de Searle, Sargent y Bagnuolo (1973), implican que GR 8 está en este momento pasando por un brote de formación estelar. Esto podría ser un compromiso razonable para esta galaxia, a la vista de su aspecto y del alto porcentaje de su luz procedente de estrellas brillantes (véase figura 6.2).

7.5. FORMACION ESTELAR EN DDO 187.

En el caso de DDO 187 no existe ninguna determinación de la metalicidad ni ningún indicio que, como en el caso de Sextans A, nos permita hacer una hipótesis de partida mínimamente justificada respecto a ella. Por lo tanto, consideraremos dos posibles valores para la misma, 1 y $0.05 Z_{\odot}$, que, en principio, deben acotar al valor real.

A) $Z = 1Z_{\odot}$

Para éste utilizaremos las trazas evolutivas de metalicidad solar descritas en el punto 7.2.

Las tasas de formación estelar obtenidas quedan reflejadas en la tabla 7.3a, junto con las cantidades de estrellas encontradas en cada rango de masas y los correspondientes tiempos de vida.

Tabla 7.3a. Tasas de formación estelar en DDO 187 ($Z = Z_{\odot}$).

Δm	N	t (años)	Tasa (N/t)
9-15	37	1.54×10^6	2.40×10^{-5}
15-20	6	5.81×10^5	1.03×10^{-5}
>20	6	3.00×10^5	2.00×10^{-5}

La FIM resultante, obtenida por ajuste de mínimos cuadrados, es

$$\Phi(m)dm = 1.03 \times 10^{-3} m^{-2.24} dm$$

Donde, como en el caso de Sextans A, $\Phi(m)dm$ es el número de estrellas que, en la actualidad, se forman por año en DDO 187, con masa al nacer comprendida entre m y $m + dm$.

Teniendo en cuenta que la fracción de masa en forma de gas contenida en DDO 187 es 0.16 y utilizando los *stellar yields* dados por Maeder (1981), la metalicidad del gas que se obtiene a partir de la anterior FIM, resulta ser de $1.1 Z_{\odot}$ ó $2.5 Z_{\odot}$ si se utilizan límites superiores para la masa de $30 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$, respectivamente, y se hace la hipótesis de sistema cerrado, que parece razonable para una galaxia de campo como DDO 187 (véase punto 5.5). Integrando esta FIM entre 0.1 y $50 M_{\odot}$ y asumiendo una FTFE constante, así como unas masas para los restos estelares de $0.7 M_{\odot}$ y $1.4 M_{\odot}$ para estrellas con masa al nacer menor y mayor que $4 M_{\odot}$, respectivamente, se obtiene un valor para la masa en estrellas y restos estelares de $3.9 \times 10^7 M_{\odot}$, que es mucho menor que el de $4.2 \times 10^8 M_{\odot}$ que se obtiene de las observaciones en radio. Esto implicaría que la FTFE debería ser bastante decreciente, que el valor absoluto del exponente de la masa, α , debería ser mayor para masas menores, o bien, una combinación de ambas cosas.

B) $Z = 0.05 Z_{\odot}$

Para este caso se han considerado los modelos evolutivos con metalicidad igual a $1/20$ de la solar descritos en el punto 7.2, a los que se ha añadido por extrapolación una traza evolutiva para $12 M_{\odot}$. Análogamente al caso anterior, en la tabla 7.3b se da el número de estrellas, el tiempo de vida y la tasa de formación estelar para cada rango de masas considerado.

Tabla 7.3b. Tasas de formación estelar en DDO 187 ($Z = 0.05 Z_{\odot}$).

Δm	N	t (años)	Tasa (N/t)
7-9	29	2.23×10^6	1.30×10^{-5}
9-12	15	1.41×10^6	1.06×10^{-5}
>12	11	8.50×10^5	1.29×10^{-5}

La FIM que se obtiene en este caso es

$$\Phi(m)dm = 3.07 \times 10^{-3} m^{-2.5} dm$$

Con esta FIM, la metalicidad del gas de DDO 187 resulta ser de $1/18 Z_{\odot}$ ó $1/10 Z_{\odot}$ si se consideran límites superiores para la masa de $30 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$, respectivamente, valores que parecen más apropiados que los anteriores para una galaxia irregular enana. Además, la integración de la FIM llevada a cabo del mismo modo que en el caso anterior da un valor para la masa en estrellas y restos estelares de $2.6 \times 10^8 M_{\odot}$, más próximo al observacional.

Como se dijo en el capítulo 6, la función de luminosidad y la FIM de DDO 187 podrían estar afectadas de falta de completitud para estrellas de brillo relativamente bajo, debida a la menor resolución a que da lugar su mayor distancia, en comparación con la de Sextans A. Este hecho podría, al menos en parte, explicar la baja tasa de formación estelar que se obtiene para DDO 187. Sin embargo, esta baja tasa de formación estelar queda confirmada, además de por el bajo brillo superficial, por los valores que toman los parámetros α_M y α_L de Gallagher, Hunter y Tutukov (1984). El $\log(\alpha_L/\alpha_M)$ es del orden de -0.8 , que corresponde a una EFFE marcadamente decreciente (véase figura 5 de Gallagher, Hunter y Tutukov, 1984), pudiendo tener el mismo efecto un exponente de la masa en la FIM bivaluado, como se ha dicho anteriormente.

No resulta posible hacer una predicción fidedigna de la masa en objetos estelares en base a las FIM calculadas, en tanto que el límite inferior de masas observadas es demasiado alto. Sin embargo, la integración de dichas FIM llevada a cabo entre $0.1 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$ asumiendo una FTFE constante, da un valor muy bajo para dicha masa en estrellas y remanentes estelares que, de nuevo, podría implicar bien que el valor absoluto del exponente de la masa, α , es mayor para masas menores, bien que la FTFE es decreciente, bien una combinación de ambas posibilidades. Estos resultados, junto con los porcentajes de gas, indican que DDO 187 se encuentra en un estado de evolución más avanzado que Sextans A.

7.6. DISCUSION.

El disponer de la FIM de un cierto número de galaxias permite el estudio de la posible influencia que sobre la formación estelar pueden tener parámetros tales como la masa de la galaxia, su fracción de gas o su metalicidad. En este sentido, en la tabla 7.4, se dan los logaritmos de las tasas de formación estelar (N) no normalizadas de estrellas con masa al nacer comprendida entre $10 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$ y la de estrellas con masa al nacer comprendida entre $1 M_{\odot}$ y $2.5 M_{\odot}$ para las tres galaxias estudiadas fotométricamente en esta tesis y para las Nubes de Magallanes, para las que se consideran las FIM obtenidas por Humphreys y McEroy (1984). Estas tasas han sido calculadas por integración de la FIM y sus unidades son número de estrellas por año. En el caso de DDO 187, se dan los valores obtenidos con las dos FIM calculadas para ella. Se presentan, además, los logaritmos de las masas de gas y total de cada galaxia.

Tabla 7.4. Tasas de formación estelar de algunas galaxias.

Galaxia	$\log N_{10}^{50}$	$\log N_1^{2.5}$	$\log(M_{gas})$	$\log(M_{total})$
Sextans A	-3.84	-2.58	7.97	8.26
GR 8	-5.42	-4.76	6.45	7.86
DDO 187 $_{Z=Z_{\odot}}$	-3.25	-4.38	7.90	8.70
DDO 187 $_{Z=0.05Z_{\odot}}$	-2.88	-4.75	7.90	8.70
Nube Grande M.	-1.87	-3.06	8.97	9.79
Nube Pequeña M.	-2.20	-3.23	8.96	9.26

Ya Schmidt (1959) había propuesto una dependencia entre la FTFE y el porcentaje de gas de nuestra galaxia. Sin embargo, sus resultados no fueron corroborados. Lequeux (1985) ha obtenido que las tasas de formación estelar divididas por las masas de gas de 13 irregulares próximas se encuentran dentro de un factor tres, lo

que podría indicar la existencia de una correlación entre ambas. Esta correlación parece clara, a partir de los datos de la tabla 7.4 Los ajustes por mínimos cuadrados de éstos, dan los siguientes resultados

$$\log(N_{10}^{50}) = -11.60 + (0.93 \pm 0.15) \log(M_{gas}) \quad r = 0.951$$

$$\log(N_{10}^{50}) = -13.99 + (1.12 \pm 0.34) \log(M_{total}) \quad r = 0.857$$

$$\log(N_1^{2.5}) = -11.51 + (1.07 \pm 0.14) \log(M_{gas}) \quad r = 0.968$$

$$\log(N_1^{2.5}) = -13.77 + (1.24 \pm 0.40) \log(M_{total}) \quad r = 0.835$$

Como puede verse, son mejores las correlaciones cuando se considera la masa de gas, para las que la pendiente se aproxima bastante a la unidad. Sin embargo, el número de datos que hemos utilizado es pequeño. Aunque resulta muy conveniente utilizar tasas de formación estelar calculadas directamente a partir de la FIM, los datos que presentan Hunter y Gallagher (1986) y Gallagher y Hunter (1987) obtenidos a partir de los parámetros α_L y α_C definidos por Gallagher, Hunter y Tutukov (1984), pueden ser estadísticamente válidos para verificar las relaciones obtenidas. Como discuten estos autores, la tasa de formación estelar actual de una galaxia puede ser determinada a partir de su luminosidad H_α , mientras que la correspondiente a los últimos $\sim 10^9$ años, puede derivarse de la luminosidad B . Pero para ello es necesario conocer la pendiente de la FIM, α (véase apéndice 1), que Gallagher, Hunter y Tutukov (1984) asumen igual a 2.35 para todas las galaxias. Indudablemente, esta hipótesis es muy restrictiva. En realidad, si no suponemos nada acerca de α , excepto que sólo puede variar dentro de un rango no muy grande, la luminosidad H_α proporciona una estimación de la tasa de formación estelar actual para estrellas masivas, en tanto que la luminosidad B , lo hace de la tasa de formación estelar promediada para los últimos $\sim 10^9$ años para estrellas de masa intermedia. Las extrapolaciones desde $0.1 M_\odot$ hasta $100 M_\odot$ no son válidas porque dependen muy fuertemente de α . Por este motivo, hemos transformado la ecuación dada por Gallagher y Hunter (1987) para el cálculo de la

tasa de formación estelar de tal modo que el resultado sea el número de estrellas con masa comprendida entre $10 M_{\odot}$ y $50 M_{\odot}$, obteniendo

$$N_{10}^{50} = 3.55 \times 10^{-44} L(H_{\alpha})$$

donde las unidades son número de estrellas por año. Análogamente, a partir de la relación dada por Gallagher, Hunter y Tutukov (1984), se obtiene

$$N_1^{2.5} = 1.52 \times 10^{-11} (L_B/L_{\odot})$$

donde, como se ha dicho, $N_1^{2.5}$ es el número de estrellas que se forman por año con masa al nacer entre 1 y $2.5 M_{\odot}$, promediado a lo largo de los últimos $\sim 10^9$ años.

Para la obtención de estas ecuaciones se ha utilizado $\alpha = 2.35$. Para tener una idea de la influencia que sobre ellas pueden tener las variaciones de α , se han repetido los cálculos utilizando $\alpha = 1.8$. No existe prácticamente variación en $N_1^{2.5}$, modificándose N_{10}^{50} en un factor 2.

Los ajustes por mínimos cuadrados que se obtienen al añadir los datos para galaxias irregulares y amorfas dados por Hunter y Gallagher (1986) y Gallagher y Hunter (1987) a los de la tabla 7.4, considerando las masas de gas y total dadas por Fisher y Tully (1981), son

$$\log(N_{10}^{50}) = -12.91 + (1.08 \pm 0.13) \log(M_{gas}) \quad r = 0.784$$

$$\log(N_{10}^{50}) = -12.35 + (0.90 \pm 0.20) \log(M_{total}) \quad r = 0.660$$

$$\log(N_1^{2.5}) = -11.76 + (1.13 \pm 0.08) \log(M_{gas}) \quad r = 0.893$$

$$\log(N_1^{2.5}) = -12.02 + (1.03 \pm 0.11) \log(M_{total}) \quad r = 0.867$$

siendo 28 el número de datos en los ajustes frente a la masa total y 46, en los ajustes frente a la masa de gas. Estos resultados corroboran los anteriores. El valor del parámetro estadístico F en los ajustes de N_{10}^{50} es de 65.3, para el ajuste con a la masa de gas y 19.3, para el ajuste con la masa total. En el caso de $N_1^{2.5}$

los valores de F son 289 y 75.4, respectivamente. Esto indica que las tasas de formación estelar de estrellas de masa intermedia y alta y, sobre todo, la primera, están muy ligadas a la masa de gas y no tanto a la total. La buena correlación con la masa total debe ser secundaria, en tanto que dicha masa, cuando nos limitamos a galaxias irregulares y amorfas, está también correlacionada con la masa de gas. Además, la mejor correlación entre $N_1^{2.5}$ y la masa de gas, probablemente se debe a la mayor escala de tiempo para la que se promedia la formación de estrellas de masa intermedia, lo que quiere decir que las fluctuaciones que pueden existir en la formación estelar en cortos intervalos de tiempo, tienden a desaparecer al tomar en cuenta intervalos mayores. En las figuras 7.1 y 7.2 se presentan, respectivamente, los valores de los logaritmos de ambas tasas de formación estelar frente a la masa de gas de las galaxias consideradas.

Como se ha dicho, $N_1^{2.5}$ y N_{10}^{50} no varían demasiado al variar α dentro de ciertos límites o, al menos, su dependencia con la masa de gas es mucho más fuerte. Sin embargo, no es éste el caso de la relación $N_{10}^{50}/N_1^{2.5}$. En efecto, la función de creación de estrellas de la que se habla en el apéndice 1 puede ser definida de una manera general como

$$C(m, t, x) dm dt = A(x) e^{-\beta(x)t} m^{-\alpha(x)} dm dt$$

donde x es un parámetro o propiedad intrínseca de la galaxia. La dependencia de $N_1^{2.5}$ y N_{10}^{50} con la masa de gas estaría basada en $A(x)$. Sin embargo, $N_{10}^{50}/N_1^{2.5}$, está gobernada por $\beta(x)$ y $\alpha(x)$. Concretamente, el hecho de utilizar $\alpha = 1.8$ en los cálculos de α_L y α_C y, posteriormente, en los de $N_1^{2.5}$ y N_{10}^{50} , hace variar $N_{10}^{50}/N_1^{2.5}$ en un factor 2. Si suponemos que la FTFE ha sido constante a lo largo de los últimos 10^9 años (o sea, que $\beta = 0$ durante ese tiempo), que no es una hipótesis muy arriesgada limitándonos a galaxias irregulares y amorfas, las variaciones de α de galaxia a galaxia podrían ser detectadas de este modo. De todas formas, si no realizamos ninguna hipótesis, las dependencias de $N_{10}^{50}/N_1^{2.5}$ de parámetros tales como la fracción de gas, la masa de gas o la metalicidad, significan, en general, dependencias de $C(m, t)$, es decir, de la propia evolución de la galaxia.

En las figuras 7.3, 7.4 y 7.5 se presentan los valores de $\log(N_{10}^{50}/N_1^{2.5})$ frente al logaritmo de la masa de gas, la fracción de gas y la abundancia de oxígeno, respectivamente, parámetros éstos que, probablemente, no han variado significativamente durante los últimos $\sim 10^9$ años en galaxias del tipo que nos ocupa. La abundancia de oxígeno para las Nubes de Magallanes ha sido tomada de Dufour (1983). No parece existir correlación con ninguno de ellos, excepto, quizá, con el último; sobre todo si no se consideran los dos puntos de mayor metalicidad. En este caso, de un ajuste por mínimos cuadrados, se obtiene:

$$\log(N_{10}^{50}/N_1^{2.5}) = -0.89 - (0.17 \pm 0.04) [10^4 \times O/H]$$

con un coeficiente de correlación de 0.58 que, para el número de datos utilizado (28) es significativo a más del 99%. El valor del parámetro estadístico $F=13$ indica que la ecuación obtenida es predictiva sólo al 90%.

En resumen, ni la masa de gas ni la fracción de gas parecen influir sobre la función $C(m,t)$ de estas galaxias, que sí podría estar afectada por la metalicidad y, en el caso de considerar $\beta(x) = 0$ en los últimos 10^9 años, únicamente $\alpha(x)$ se vería afectada o no por estos parámetros, siendo ligeramente menor para bajas metalicidades. Estos resultados son de gran importancia por lo que se refiere a la evolución de las galaxias. Significan, por una parte, que la tendencia a formar más o menos estrellas masivas en relación al total de una galaxia de este tipo no depende ni de su masa ni de su estado evolutivo, del que es una medida su porcentaje de gas. Por otra, dicha tendencia sí se ve ligeramente aumentada para bajas metalicidades, por lo que el enriquecimiento en metales es tanto más rápido cuanto menor es ésta. Sin embargo, la formación estelar en una galaxia que, como GR 8, es incapaz de retener el material químicamente enriquecido procedente de la explosión de supernovas, siempre se verá dominada por estrellas masivas por lo que, al cabo de un tiempo suficiente para el agotamiento de su gas, desembocaría en un sistema dominado por remanentes oscuros y de muy baja metalicidad, lo que implicaría un bajo brillo superficial, una alta relación masa-luminosidad y unos índices de color relativamente azules.

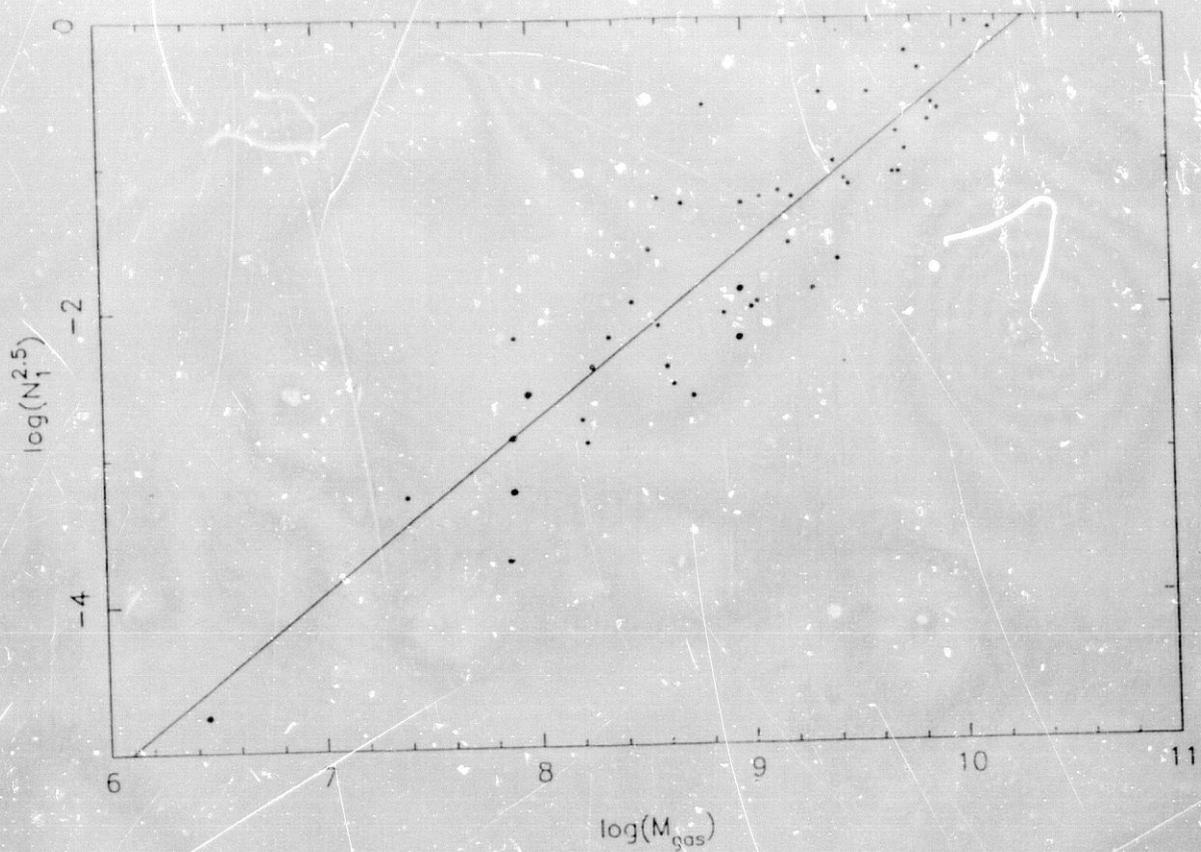


Figura 7.1. Tasa de formación estelar de estrellas de masa intermedia frente a la masa de gas de las respectivas galaxias. Los puntos rellenos se refieren a datos calculados a partir de la función inicial de masas.

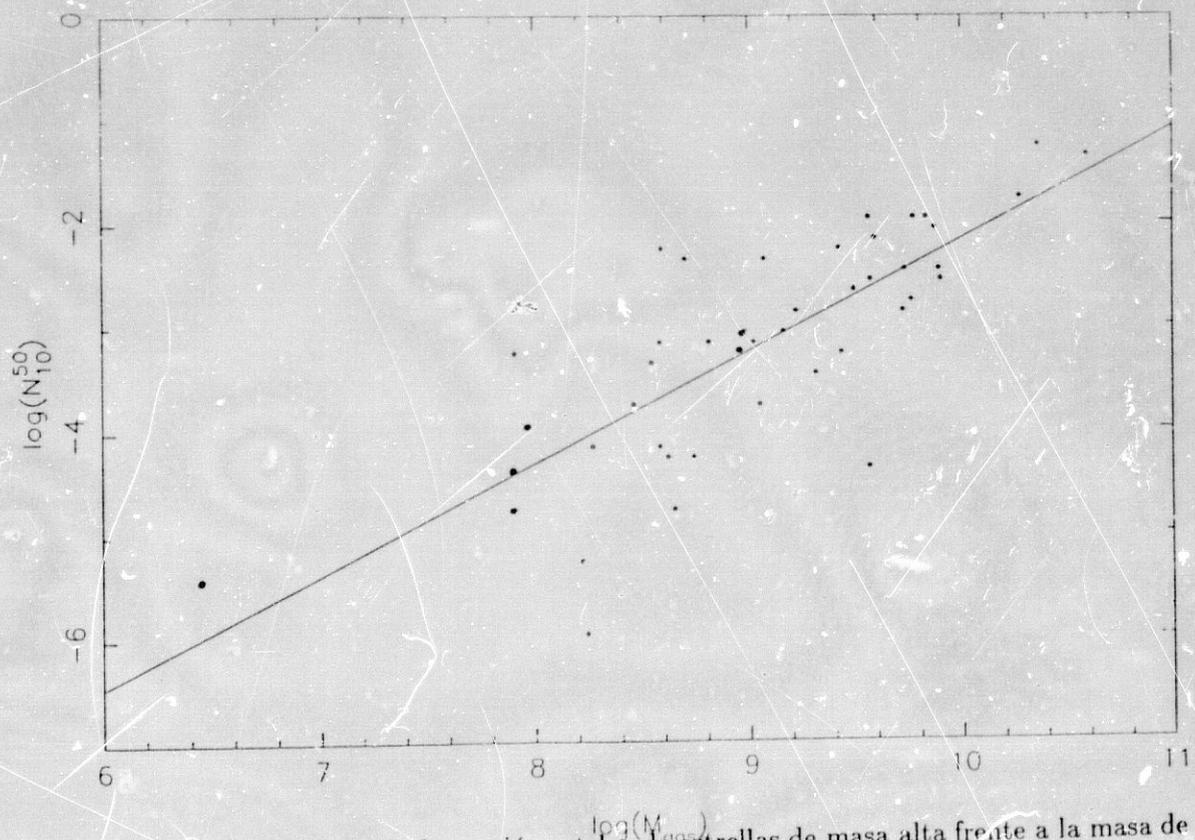
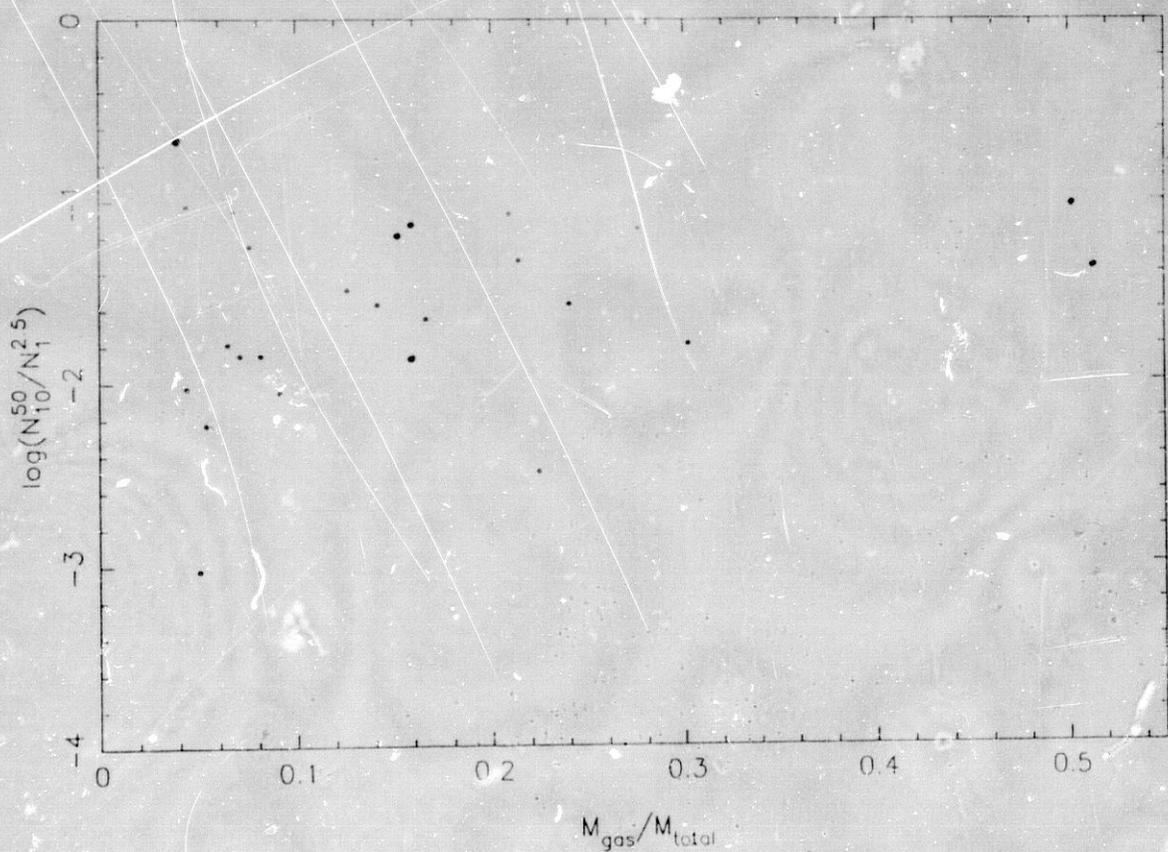
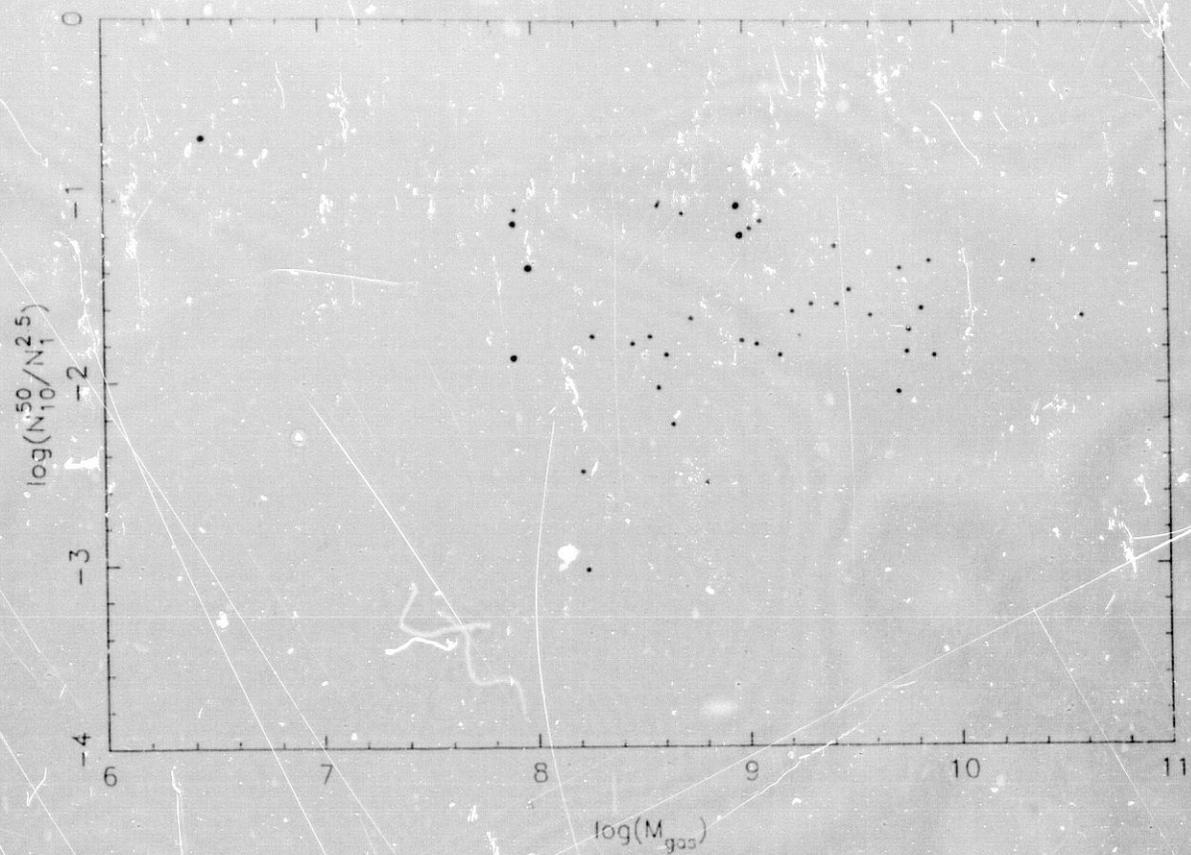
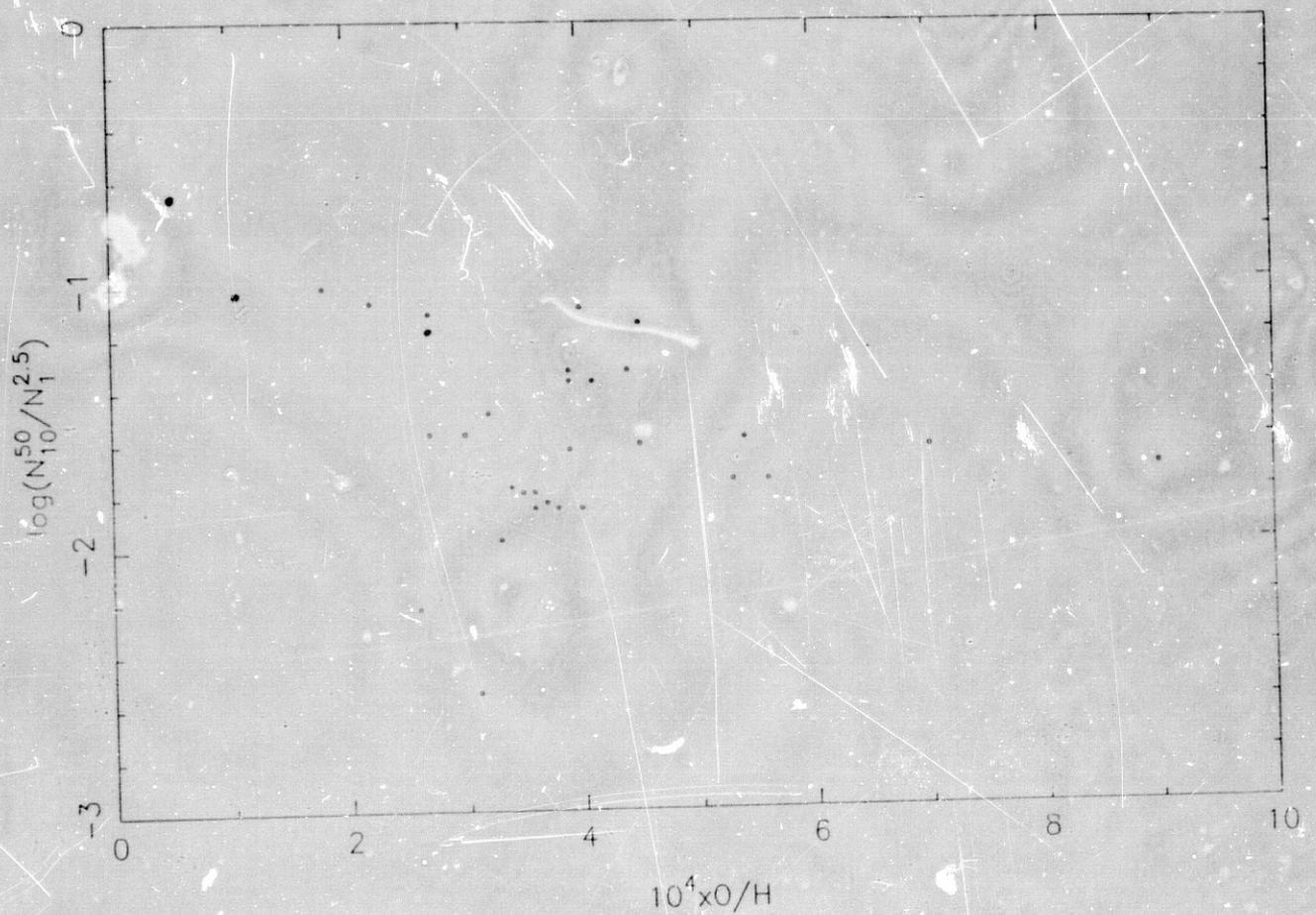


Figura 7.2. Tasa de formación estelar de estrellas de masa alta frente a la masa de gas de las respectivas galaxias. Los puntos rellenos se refieren a datos calculados a partir de la función inicial de masas.



Figuras 7.3 y 7.4. Razón entre las tasas de formación estelar de estrellas de masa alta (para el instante de tiempo actual) e intermedia (promediada para los últimos $\sim 10^9$ años) frente a la masa de gas y la fracción de gas de las respectivas galaxias.



Figuras 7.5. Razón entre las tasas de formación estelar de estrellas de masa alta (para el instante de tiempo actual) e intermedia (promediada para los últimos $\sim 10^9$ años) frente a la abundancia de oxígeno de las respectivas galaxias.

CONCLUSIONES

En esta tesis se han presentado y discutido los resultados obtenidos para cuatro galaxias irregulares enanas próximas a nosotros, Sextans A, DDO 187, GR 8 y Sextans B. De ellas, GR 8 ha sido analizada fotométrica y espectrofotométricamente, en tanto que Sextans A y DDO 187, lo han sido sólo fotométricamente y Sextans B, sólo espectrofotométricamente. Sextans A ha sido observada también en 21 cm, derivándose para ella una masa de gas de $9.4 \times 10^7 M_{\odot}$ y una masa total de $1.8 \times 10^8 M_{\odot}$.

Se han determinado las metalicidades de las dos galaxias medidas espectrofotométricamente, que resultan ser de 1/15 de la solar para GR 8 y 1/6 de la solar para Sextans B. Asimismo, las abundancias de helio son de un 32% en masa en ambos casos. Las metalicidades obtenidas, en unión a las masas de estas galaxias, confirman la parametrización de Talent para la relación masa total-metalicidad.

Se ha calculado el módulo de distancia para las tres galaxias observadas fotométricamente, obteniendo unos valores de 25.6 para Sextans A; 25.0, para GR 8 y 23.2, para DDO 187 que, por tanto, queda fuera del Grupo Local. Sus coordenadas angulares, en unión a este módulo de distancia, hacen de ella una galaxia de campo.

Se ha llevado a cabo el análisis de la historia de la formación estelar en los tres sistemas estudiados fotométricamente. En todos los casos ésta ha estado presente durante las últimas decenas de millones de años, si bien, en DDO 187, parece haber sido menos intensa. La mayor cantidad de estrellas resueltas en Sextans A ha permitido hacer un estudio más exhaustivo de la misma. Parece haber sido generalizada y continua durante los últimos 100 millones de años. Sin embargo, los brotes de formación más recientes, que se produjeron hace unos 9 millones de años,

se concentran en los extremos de la barra, fundamentalmente en el extremo Sur-Este. Por lo que se refiere a la propia barra, no aparece definida por las estrellas resueltas por nosotros. Esto permite concluir que está constituida por estrellas más débiles que $M_B = -3$, lo que también significa que carece de la población más joven de Sextans A.

Las funciones de luminosidad de Sextans A y GR 8 están particularmente dominadas por estrellas brillantes. Este dominio se pone igualmente de manifiesto en el porcentaje de la luz total de estas galaxias que procede de dichas estrellas. En el caso de DDO 187, la importancia de las estrellas más luminosas no es tan acusada como en las anteriores. El número de ellas por unidad de superficie es mucho menor para todo el rango de magnitudes observado, así como su contribución a la luminosidad total de la galaxia.

Se han determinado las funciones iniciales de masa de las tres galaxias observadas fotométricamente, resultando ser los valores absolutos de los exponentes de la masa de 2.36, para Sextans A; 1.80, para GR 8 y comprendido entre 2.24 y 2.93, para DDO 187, en función de la metalicidad que se considere para los modelos de evolución estelar utilizados para su determinación.

Estas funciones iniciales de masa, en unión a la masa total y porcentaje de gas, permiten hacer una predicción de la metalicidad del gas y un esbozo de los posibles caminos evolutivos que han podido seguir estas galaxias. En este sentido, la metalicidad del gas en Sextans A estaría comprendida entre 1/6 y 1/3 de la solar, según se considere un límite superior de masa para la función inicial de masas de 30 ó 50 M_{\odot} . Asimismo, la masa en objetos estelares que se obtendría, de alrededor del triple de la observada, indica que la tasa de formación estelar en Sextans A no ha sido decreciente, apareciendo incluso la actual ligeramente superior a la promediada a lo largo de su vida.

Por lo que se refiere a GR 8, a la vista de la función inicial de masas obtenida y para dar cuenta de su metalicidad, abundancia de helio, índices de color y reparto

de masas entre gas y estrellas más remanentes estelares, es necesario recurrir a los siguientes mecanismos: pérdida de material enriquecido en metales procedente de la explosión de supernovas, tasa de formación estelar decreciente y brote de formación estelar reciente. No obstante, la tasa de formación estelar decreciente puede ser substituida total o parcialmente por una función inicial de masas bimodal. Asimismo, el límite superior de masa de la función inicial de masas no ha de ser mucho mayor que $30 M_{\odot}$. Cabe señalar, a la vista de estos resultados obtenidos para GR 8, que la relación masa total-metalicidad parametrizada por Talent podría ser sencillamente el reflejo de la mayor capacidad de una galaxia masiva para retener su material químicamente enriquecido procedente de la explosión de supernovas.

En el caso de DDO 187, su función inicial de masas, en unión a otros parámetros como su masa en estrellas y su luminosidad B , indican que se trata de una galaxia con una tasa de formación estelar decreciente y relativamente baja, que se pone también de manifiesto en su bajo brillo superficial.

A partir del análisis global de los datos elaborados en esta tesis, resulta clara la existencia de una relación entre masa de gas y tasa de formación estelar en galaxias irregulares y amorfas. La función de creación de estrellas en galaxias de este tipo no parece tener dependencia ni con la masa de gas ni con la fracción de gas. Sí parece, en cambio, depender débilmente de la metalicidad. Si se asume que la función de tasa de formación estelar no depende del tiempo, esta conclusión afecta exclusivamente al exponente de la masa en la función inicial de masas, cuyo valor absoluto sería ligeramente menor para bajas metalicidades. Estos resultados son de gran importancia por lo que se refiere a la evolución de las galaxias. Por una parte, la tendencia a formar más o menos estrellas masivas en relación al total no depende ni de la masa de la galaxia ni de su estado evolutivo, del que es una medida su porcentaje de gas. Por otra, dicha tendencia sí se ve ligeramente aumentada para bajas metalicidades, por lo que el enriquecimiento en metales es tanto más rápido cuanto menor es ésta. Sin embargo, la formación estelar en una galaxia que,

como GR 8, es incapaz de retener el material químicamente enriquecido procedente de la explosión de supernovas, siempre se verá dominada por estrellas masivas por lo que, al cabo de un tiempo suficiente para el agotamiento de su gas, desembocaría en un sistema dominado por remanentes oscuros y de muy baja metalicidad, lo que implicaría un bajo brillo superficial, una alta relación masa-luminosidad y unos índices de color relativamente azules.

BIBLIOGRAFIA

- Aller, L.H., 1984. *Physics of Thermal Gaseous Nebulae*. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Aparicio, A., Garcia-Pelayo, J.M. y Moles, M., 1988a. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, en imprenta.
- Aparicio, A., Garcia-Pelayo, J.M. y Moles, M., 1988b. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, en imprenta.
- Aparicio, A., Garcia-Pelayo, J. M., Moles, M. y Melnick, J., 1987. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **71**, 297.
- Bergh, S. van den, 1959. *Pub. David Dunlap Observatory*, Vol. II, n. 5.
- Bertelli, G., Bressan, A., Chiosi, C. y Angerer, K., 1986. *Astron. J. Suppl. Ser.*, 66, 191.
- Blanco, V.M., McCarthy, M.F. y Blanco, B.M., 1980. *Astrophys. J.*, **242**, 938.
- Brocklehurst, M., 1972. *Month. Not. Roy. Astr. Soc.*, **157**, 211.
- Burstein, D. y Heiles, C., 1982. *Astron. J.*, **87**, 1165.
- Dufour, R.J., 1983. En *Structure and Evolution of the Magellanic Clouds*, p. 353. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Edmunds, M.G. y Pagel, B.E.J., 1978. *Month. Not. Roy. Astr. Soc.*, **185**, 77P.

- Edmunds, M.G. y Pagel, B.E.J., 1984. *Month. Not. Roy. Astr. Soc.*, **211**, 507.
- Eggen, O.J., 1972. *Astrophys. J.*, **174**, 45.
- Ferland, G.J., 1986. *Astrophys. J.*, **310**, L67.
- Fisher, J.R. y Tully, R.B., 1975. *Astron. Astrophys.*, **44**, 151.
- Fisher, J.R. y Tully, R.B., 1979. *Astron. J.*, **84**, 62.
- Fisher, J.R. y Tully, R.B., 1981. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **47**, 139.
- Gallagher III, J.S. y Hunter, D., 1984. *Ann. Rev. Astr. Astrophys.*, **22**, 37.
- Gallagher III, J.S. y Hunter, D., 1987. *Astron. J.*, **94**, 43.
- Gallagher III, J.S., Hunter, D.A. y Tutukov, A.V., 1984. *Astrophys. J.*, **284**, 504.
- Gerola, H., Seiden, P.E. y Schulman, L.S., 1980. *Astrophys. J.*, **242**, 517.
- Graham, J.A., 1982. *Pub. Astr. Soc. Pac.*, **94**, 244.
- Greggio, L., 1986. *Astron. Ap.*, **160**, 111.
- Hardcastle, 1914. *Monthly Notices*, **74**, 699.
- Herschel, J., 1847. *Cape Results*.
- Hodge, P.W., 1967. *Astroph. J.*, **148**, 719.

- Hodge, P.W., 1974. *Pub. Astr. Soc. Pac.*, **86**, 645.
- Hoessel, J.G., 1986. En *Luminous Stars and Associations in Galaxies*, p. 439.
Ed. por C.W.H. de Loore *et al.*
- Hoessel, J.G. y Danielson, G.E., 1983. *Astrophys. J.*, **271**, 65. (HD).
- Hoessel, J.G. y Melnick, J., 1980. *Astron. Astrophys.*, **84**, 317.
- Hoessel, J.G., Schommer, R.A. y Danielson, G.E., 1983. *Astrophys. J.*, **274**, 577. (HSD).
- Holmberg, E., 1958. *Medd. Lunds. Astron. Obs.*, Ser. 2, N. 136.
- Hubble, E., 1925a. *Pub. Astr. Soc. Pac.*, **35**, 261.
- Hubble, E., 1925b. *Observatory*, **48**, 139.
- Hubble, E., 1926. *Astrophys. J.*, **64**, 321.
- Hubble, E.P., 1940. *Sci. Mon.*, **51**, 398.
- Humphreys, R.M. y McElroy, D.B., 1984. *Astrophys. J.*, **284**, 565.
- Hunter, D.A. y Gallagher III, J.S., 1985. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **58**, 533.
- Hunter, D.A. y Gallagher III, J.S., 1986. *Pub. Astr. Soc. Pac.*, **98**, 5.
- Hutchmeier, W.K., Seiradakis, J.H. y Matteredne, J., 1981. *Astron. Astrophys.*, **102**, 134.

- Kraan-Korteweg, R. y Tammann, G., 1979. *Astr. Nachr.*, **300**, 181.
- Kunth, D. y Sargent, W.L.W., 1983. *Astrophys. J.*, **273**, 81.
- Landolt, A.U., 1973. *Astron. J.*, **78**, 959.
- Larson, R.B., 1986. *Mon. Not. Roy. Astr. Soc.*, **218**, 409.
- Lequeux, J., 1985. En *Workshop on Star Forming Dwarf Galaxies and Related Objects*, p. 299. Paris.
- Lequeux, J., Martin, N., Prevot, L., Prevot-Burnichon, M.L., Rebeiro, E. y Rousseau, J., 1980. *Astron. Astrophys.*, **85**, 305.
- Lequeux, J., Peimbert, M., Rayo, J.F., Serrano, A. y Torres-Peimbert, S., 1979. *Astron. Astrophys.*, **80**, 155.
- Maeder, A., 1981. *Astron. Astrophys.*, **101**, 385.
- Maeder, A., 1987. *Astron. Ap.*, **173**, 247.
- Maeder, A. y Mermilliod, J.C., 1981. *Astron. Astrophys.*, **93**, 136.
- Masegosa, J., 1988. Comunicación privada.
- Mermilliod, J.C. y Maeder, A., 1986. *Astron. Astrophys.*, **158**, 45.
- Miller, G.E. y Scalo, J.M., 1979. *Astrophys. J.*, **41**, 513.
- Moss, C. y Vaucouleurs, G. de, 1986. *Pub. Astr. Soc. Pac.*, **98**, 1282.
- Nilson, P., 1973. *Upsala General Catalog of Galaxies*.

- Oke, J.B., 1974. *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **27**, 21.
- Osterbrock, D.E., 1974. *Astrophysics of Gaseous Nebulae*. W. H. Freeman and company. San Francisco.
- Pagel, B.E.J., Edmunds, M.G., Blackwell, D.E., Chun, M.S. y Smith, G., 1979. *Mon. Not. Roy. Astr. Soc.*, **189**, 95.
- Rana, N.C., 1987. *Astron. Ap.*, **184**, 104.
- Reaves, G., 1956. *Astron. J.*, **61**, 69.
- Ruotsalainen, R.W., 1982. *Tesis Doctoral*. University of Hawaii. (R82).
- Salpeter, E.E., 1955. *Astrophys. J.*, **121**, 161.
- Sandage, A., 1961. *The Hubble Atlas of Galaxies*. Carnegie Institution of Washington. Washington D. C.
- Sandage, A., 1975. En *Galaxies and the Universe*. Ed. por the University of Chicago Press. U.S.A., p. 1.
- Sandage, A., 1986. *Astron. J.*, **91**, 496.
- Sandage, A. y Carlson, G., 1982. *Astroph. J.*, **258**, 439.
- Sandage, A. y Carlson, G., 1985. *Astron. J.*, **90**, 1019. (SC).
- Sandage, A. y Katem, B., 1976. *Astron. J.*, **81**, 743.
- Sandage, A. y Tammann, G.A., 1982. *Astrophys. J.*, **256**, 339.

- Sargent, W.L.W. y Lo, K.-Y., 1985. En *Star-Forming Dwarf Galaxies*, p. 253. Paris.
- Schild, H. y Maeder, A., 1983. *Astron. Ap.*, **127**, 238.
- Schmidt, M., 1959. *Astrophys. J.*, **129**, 243.
- Searle, L., Sargent, W.L.W. y Bagnuolo, W.G., 1973. *Astrophys. J.*, **179**, 427.
- Seaton, M.J., 1975. *Mon. Not. Roy. Astr. Soc.*, **170**, 475.
- Seiden, P.E. y Gerola, H., 1982. *Fund. Cosmic Phys.*, **7**, 241.
- Skillman, E.D., Melnick, J., Terlevich, R. y Moles, M., 1988. *Astron. Astrophys.*, en imprenta.
- Skillman, E.D., Terlevich, R. y van Woerden, , 1985. En *Workshop on Star Forming Dwarf Galaxies and Related Objects*, p. 263. Paris.
- Spitzer, L., 1978. *Physical Processes in the Interstellar Medium*. Jhon Wiley & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- Spaenhauer, A., 1981. En *Galaktische Struktur und Entwicklung* p. 159. Basel.
- Stasińska, G., Comte, G. y Vigroux, L., 1986. *Astron. Ap.*, **154**, 352.
- Stasińska, G., 1982. *Astron. Ap. Suppl. Ser.*, **48**, 299.
- Stetson, P., 1987. *Pub. Astr. Soc. Pac.*, **99**, 191.

- Talent, D.L., 1980. *Tesis Doctoral*. Rice University.
- Terlevich, R. y Melnick, J., 1983. E.S.O. prep. N. 264.
- Tinsley, B.M., 1980. *Fun. Cosmic Physics*, **5**, 287.
- Vaucouleurs, G. de, 1954. *Observatory*, **74**, 23.
- Vaucouleurs, G. de, 1955. *Astron. J.*, **60**, 126.
- Vaucouleurs, G. de, 1959. *Handbuch der Physik*, **53**, 275.
- Vaucouleurs, G. de y Moss, C., 1983. *Astrophys. J.*, **271**, 123. (VM).
- Vaucouleurs, G. de, Vaucouleurs, A. de y Buta, R., 1981. *Astron. J.*, **86**, 1429.
- Vaucouleurs, G. de, Vaucouleurs, A. de, y Corwin, H.G., 1976. *Second Reference Catalog of Bright Galaxies*. Austin: University of Texas Press.
- Walker, A.R., 1987. *Mon. Not. Roy. Astr. Soc.*, **224**, 935.
- Yahil, A., Tammann, G.A. y Sandage, A., 1977. *Astrophys. J.*, **217**, 903.
- Zwicky, F., 1942. *Phys. Rev.*, **61**, 489.
- Zwicky, F., 1957. *Morphological Astronomy*, p. 223. Berlin: Springer-Verlag.

APENDICES

APENDICE 1. LA FUNCION INICIAL DE MASAS

Las ideas más generalizadas, apoyadas por las teorías cosmológicas ortodoxas, apuntan a que las galaxias se formaron todas en el mismo momento de la evolución del Universo, estando constituidas en un principio por H y He. A partir del colapso de la nube protogaláctica, la evolución de la generalidad de las galaxias está básicamente gobernada por la formación estelar que tiene lugar en su seno y la evolución de dichas estrellas, con las modificaciones que, según los casos, puede producir el intercambio de material con el medio intergaláctico. Incluso en los casos más extremos de distorsión producida por interacción entre dos galaxias, ésa no es más que el reflejo de la distorsión que la interacción produce sobre la formación estelar y del intercambio de materia entre los dos sistemas.

En términos generales, la formación y evolución estelar gobiernan por dos vías la evolución de una galaxia. Por un lado, parte de la masa integrante de la galaxia en forma de gas pasa a estar en forma estelar. Por otro, el material gaseoso que devuelve la estrella tiene una cinemática y composición química diferentes e irá progresivamente modificando la subsiguiente formación estelar.

Un resultado básico de la teoría, es que la estructura y evolución de una estrella de composición química dada está controlada por su masa. En efecto, la influencia de parámetros tales como la rotación o los campos magnéticos resultan, en comparación, secundarios. Incluso, cuando interesan aspectos de la evolución estelar integrados para una gran cantidad de estrellas, es decir, cuando se aborda el estudio de un sistema estelar desde un punto de vista macroscópico, la masa de la estrella adquiere un papel aún más determinante.

De lo dicho queda claro que la distribución de masas de las estrellas al nacer, es decir, la llamada función inicial de masas, resulta una función especialmente importante, que constituye el eslabón entre la evolución estelar y la evolución galáctica. A través de ella, las condiciones químicas y dinámicas del medio galáctico controlan la formación estelar que, a su vez, modifica dichas condiciones.

Se define la función inicial de masas $\Phi(m)$ de tal forma que $\Phi(m)dm$ es el número de estrellas formadas en un mismo instante de tiempo en cierto lugar del espacio, cuya masa en el momento de nacer está comprendida entre m y $m + dm$. Se trata, pues, de una función de distribución diferencial de frecuencias. En la práctica se utiliza a menudo otra función dependiente del logaritmo de la masa y relacionada con $\Phi(m)$ mediante

$$f(\log m) = \ln(10)mf(m)$$

Las unidades de $\Phi(m)$ dependen de la normalización adoptada. Frecuentemente se utiliza

$$\int_{m_i}^{m_s} \Phi(m)mdm = 1$$

siendo m_i y m_s los límites inferior y superior, respectivamente, para la masa de las estrellas. De este modo,

$$\int_{m_1}^{m_2} \Phi(m)mdm$$

es la fracción de masa contenida en estrellas con masa comprendida entre m_1 y m_2 .

Si se utiliza la normalización

$$\int_{m_i}^{m_s} \Phi(m)dm = 1$$

$\Phi(m)$ se convierte en una función de densidad de probabilidades. De este modo

$$\int_{m_1}^{m_2} \Phi(m)dm$$

es la fracción de estrellas con masa comprendida entre m_1 y m_2 . La fracción de masa contenida en estrellas con masa comprendida entre m_1 y m_2 viene entonces dada por

$$M_{m_1}^{m_2} = \frac{\int_{m_1}^{m_2} \Phi(m) m dm}{\int_{m_i}^{m_s} \Phi(m) m dm}$$

Sin embargo, en la presente tesis, en general $\Phi(m)$ se utiliza sin normalizar. Cuando se trata del cálculo del número de estrellas o masa contenida en las mismas integrada a lo largo del tiempo, es necesario incluir la función tasa de formación estelar (FTFE), que tiene en cuenta la dependencia temporal. En este sentido, se puede definir la función de creación de estrellas del siguiente modo:

$$C(m, t) dm dt = \Phi(m) dm T(t) dt$$

donde $T(t)$ es la FTFE. A lo largo de esta tesis se hace referencia a esta función como FTFE, llamando, en cambio, tasa de formación estelar al número de estrellas que se obtiene como resultado de la integración de la función $C(m, t)$. Nótese que hasta ahora y en lo sucesivo, se considera a $\Phi(m)$ como independiente del tiempo y a $C(m, t)$, de variables separables. De este modo, la fracción de estrellas que se forman en un cierto lugar del espacio con masa comprendida entre m_1 y m_2 y entre los instantes de tiempo t_1 y t_2 viene dada por

$$N_{m_1, t_1}^{m_2, t_2} = \frac{1}{T_0} \int_{m_1}^{m_2} \int_{t_1}^{t_2} \Phi(m) T(t) dt dm$$

donde $1/T_0$ representa la normalización a la edad de la galaxia y $F(t)$ tiene una normalización semejante a la dada para $\Phi(m)$.

Pasemos ahora a dar una breve descripción de las formas que usualmente se dan a $\Phi(m)$ y $T(t)$. Por lo que se refiere a la primera, suele suponerse para ella la forma

$$\Phi(m) dm = A m^{-\alpha} dm.$$

Esta fue la adoptada por Salpeter (1955), primero en calcularla para el entorno solar, a partir de las estrellas observadas en el mismo. Obtuvo

$$\xi(m) = 0.03m^{-1.35}$$

donde $\xi(m)$ se define de tal modo que el número de estrellas que nacen por unidad de tiempo, normalizado a la edad de la galaxia, cuyo logaritmo de su masa está comprendido entre $\log m$ y $\log(m + dm)$ viene dado por

$$dN = \xi(m)d(\log m)\frac{dt}{T_0}$$

siendo T_0 la edad de la Galaxia.

Quizá la hipótesis más restrictiva que hizo Salpeter fue la de la constancia de la FTFE. El primero en cuestionarla fue Schmidt (1959), que la supuso proporcional a una potencia de la fracción de gas de la Galaxia, estimando que 2 era el valor de esa potencia que mejor se adaptaba a sus cálculos para el entorno solar. Sin embargo, son más frecuentes FTFE de la forma

$$F(t) = Be^{-\beta t}$$

El problema, discutido extensamente por Miller y Scalo (1979), estriba en que la introducción de una FTFE decreciente implica una discontinuidad en la función inicial de masas, que se produce, precisamente, para las estrellas de masa igual a una masa crítica m_c tal que una estrella de esa masa vive un tiempo igual a la edad de la Galaxia. Esto implicaría la existencia de un mecanismo para la formación de estrellas masivas, diferente del que gobierna la de las menos masivas, sin zona de transición entre ambos. Además, lo que es peor, el límite de actuación de uno y otro es precisamente el impuesto por la edad de la galaxia.

De cualquier modo, como apunta Larson (1986), la discontinuidad persiste aún considerando una FTFE constante. Larson propone una FIM y una FTFE bimodales; es decir, la existencia de dos mecanismos independientes pero solapados que gobiernan la formación estelar de las estrellas masivas y poco masivas,

respectivamente, siendo decreciente la FTFE de las más masivas. La gran cantidad de parámetros libres en estas funciones permite el ajuste a gran cantidad de resultados observacionales referentes al entorno solar. A pesar de todo, Rana (1987) ha apuntado que una FIM clásica combinada con una FTFE aproximadamente constante, pueden ofrecer una explicación válida de la evolución química del entorno solar.

Otro aspecto de interés sobre el que actúa fuertemente la FIM es el de la evolución química de las galaxias. Como ha sido desarrollado por varios autores (véase Tinsley, 1980 y referencias allí citadas), la metalicidad del gas de un sistema cerrado que evoluciona partiendo de una metalicidad inicial cero y asumiendo la hipótesis de "reciclaje instantáneo", viene dada por

$$Z = y \ln 1/\mu$$

donde Z es la metalicidad del gas, μ , la fracción de gas e y , el *yield*, que viene dado por

$$y = \frac{1}{1-R} \int_{m_c}^{m_*} m p_{Z_m} \phi(m) dm$$

donde $m p_{Z_m}$ es el *stellar yield* o masa en metales que eyecta una estrella con masa al nacer m , al final de su vida. A partir de esta ecuación, si $\Phi(m)$ tiene la forma dada más arriba

$$\Phi(m) dm = A m^{-\alpha} dm$$

la metalicidad del sistema, una vez conocida la fracción de gas del mismo, depende de m_* y de α . En la figura A1.1, se presentan los *yields* correspondientes a distintos valores de α , en función de m_* , obtenidos utilizando los *stellar yields* dados por Maeder (1981). Como puede verse, la influencia de α es mayor y una variación de 0.5 en su valor produce una variación en el *yield* de un factor 10, en tanto que pasar de $m_* = 30M_{\odot}$ a $m_* = 50M_{\odot}$, sólo modifica el *yield* en un 50%.



Figura A1.1. Yield en función de m_s , para distintos valores de α . Los triángulos corresponden a $\alpha=3$; los cuadrados, a $\alpha=2.5$; las espas, a $\alpha=2$ y los círculos, a $\alpha=1.5$.

Hasta muy recientemente, la única región del Universo en que la FIM había sido estudiada era el entorno solar. Efectivamente, la función de luminosidad del mismo es conocida hasta $M_V = 19$ (vease Rana, 1987). Sin embargo, en galaxias exteriores, aún en las nubes de Magallanes, los límites asequibles de detección, por el momento, no van más allá de M_V del orden de 4, y esto, lejos de alcanzar la completitud. Sin embargo, a pesar de las limitaciones que ello entraña, el estudio detallado y comparativo de la FIM de galaxias exteriores, ai menos de las más próximas, es uno de los medios más eficaces de conocer detalles acerca de su evolución, que permitan en definitiva una mejor comprensión de los problemas que afectan a la evolución del Universo.

APENDICE 2. CARTAS DE IDENTIFICACION Y TABLAS DE FOTOMETRIA

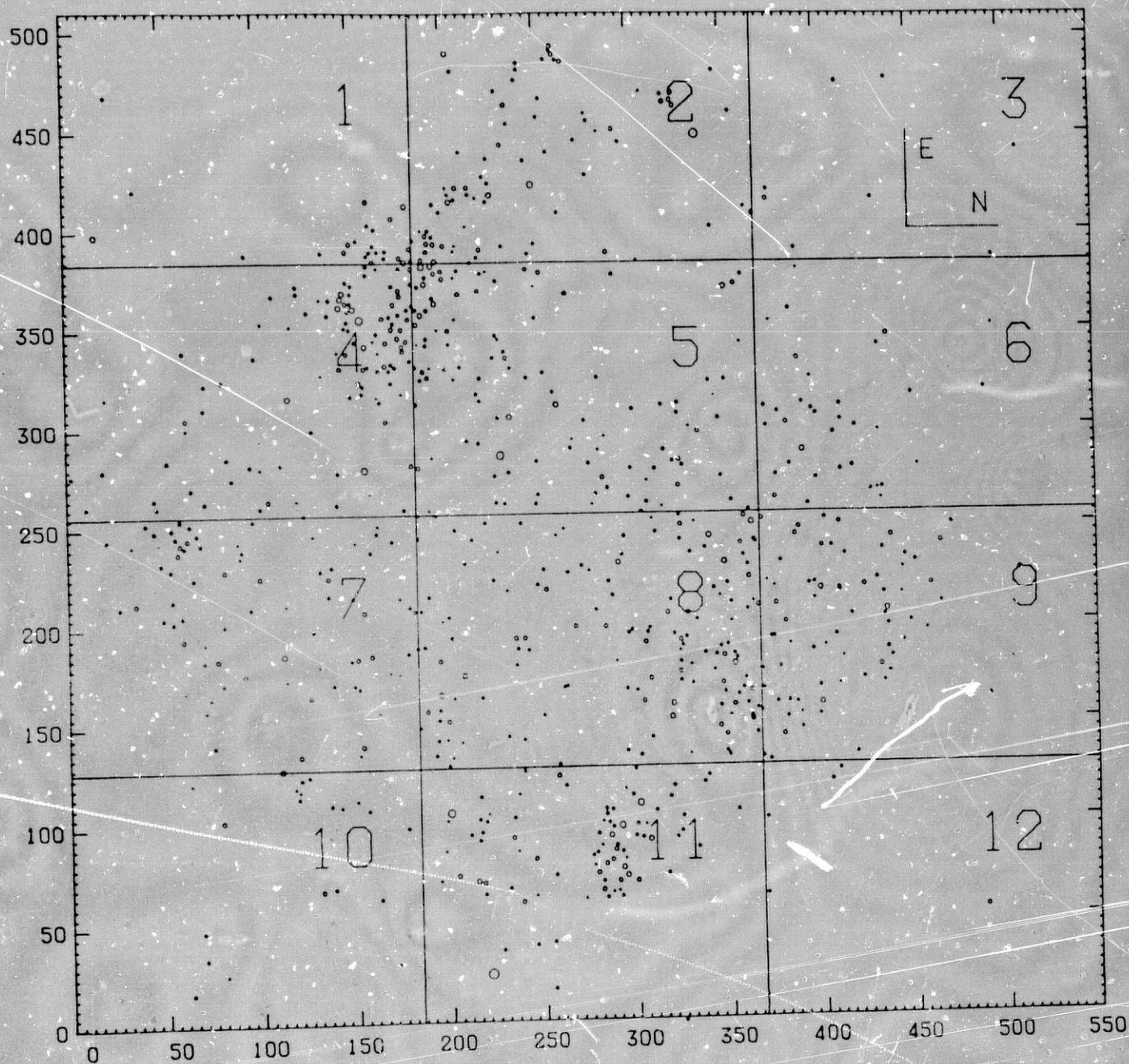
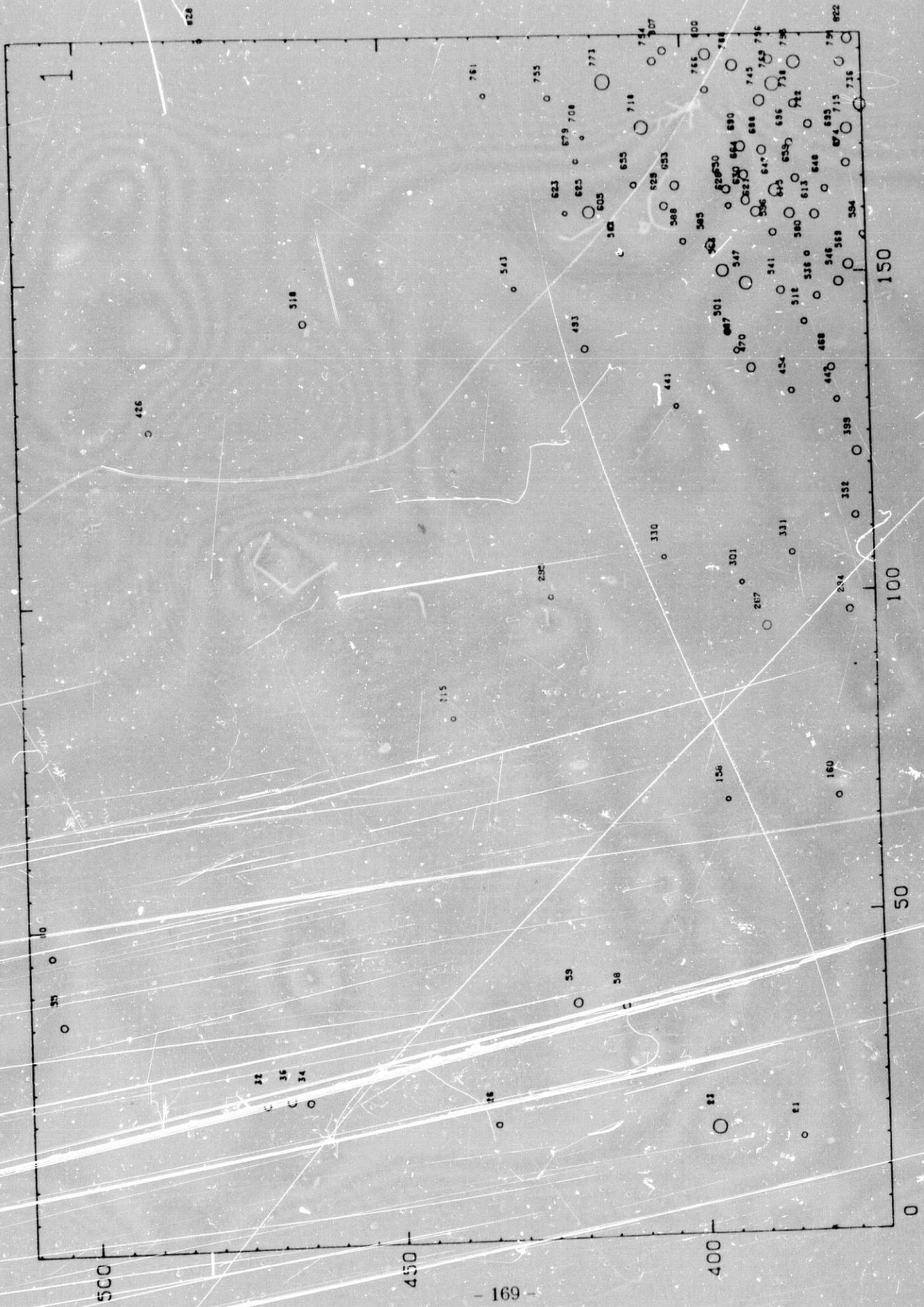
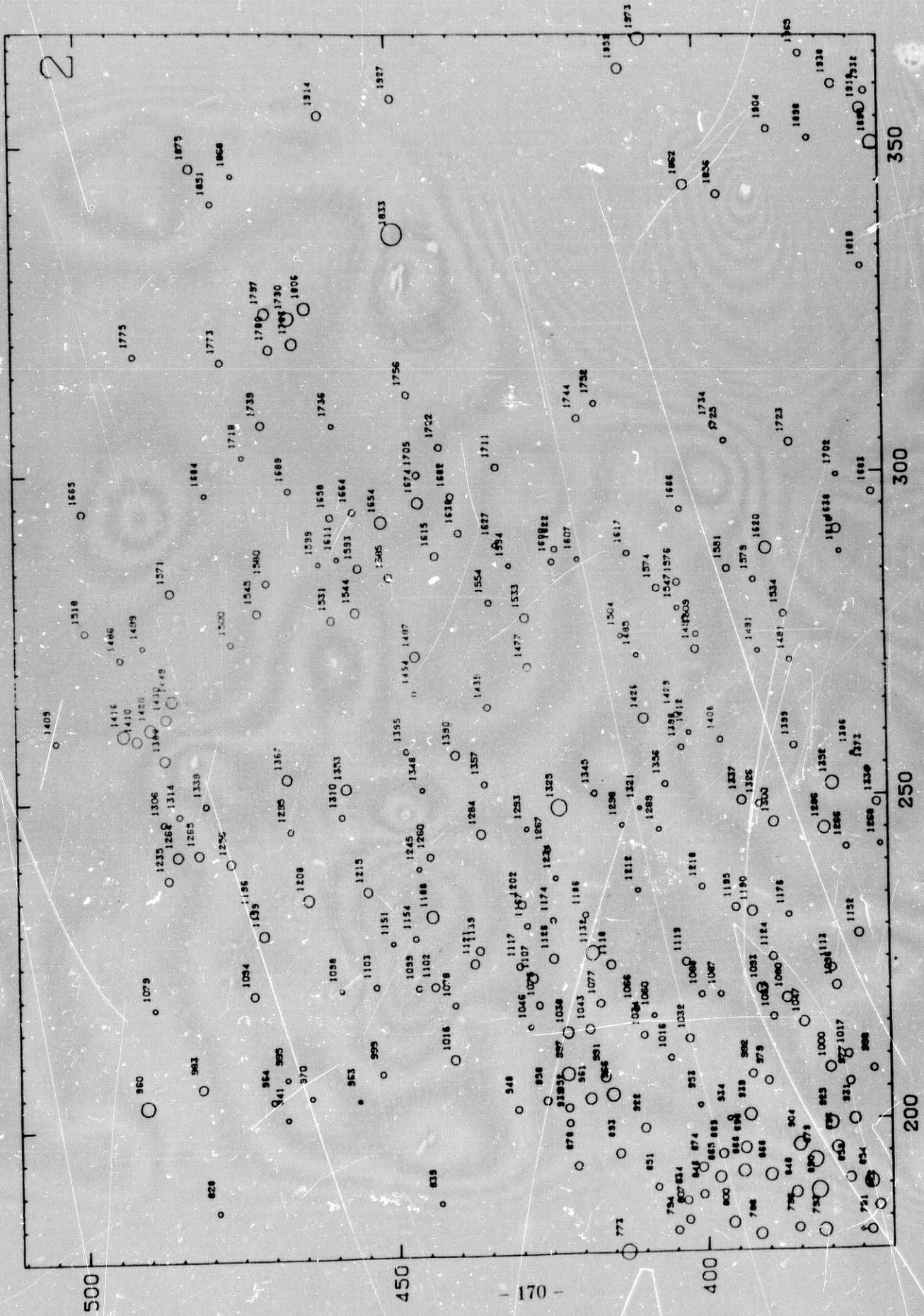


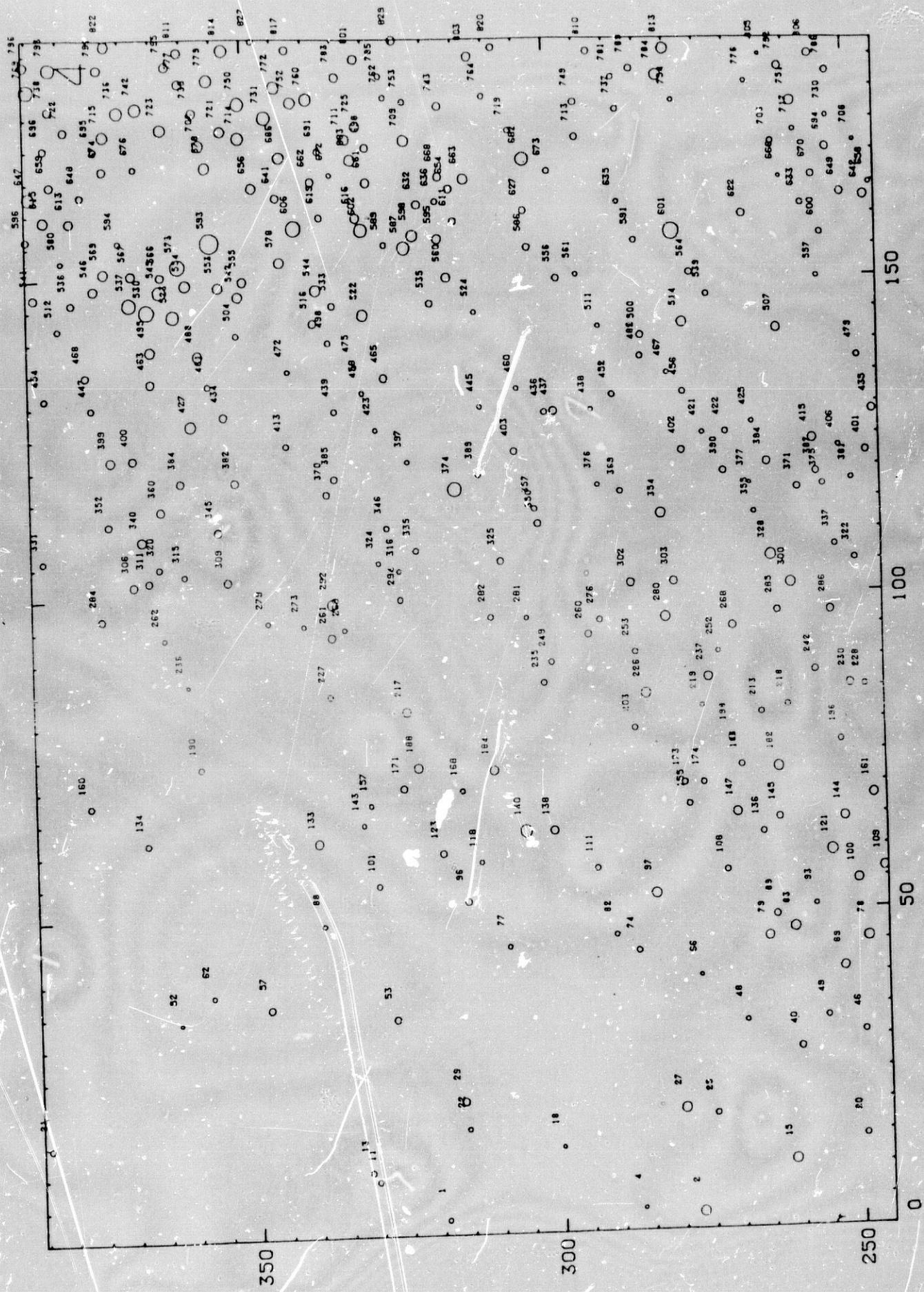
Figura A2.1a. Carta de identificación global de Sextans A. La subdivisión indica las cartas de identificación detalladas que siguen a continuación. Sólo se han representado las estrellas con $B \leq 22$.

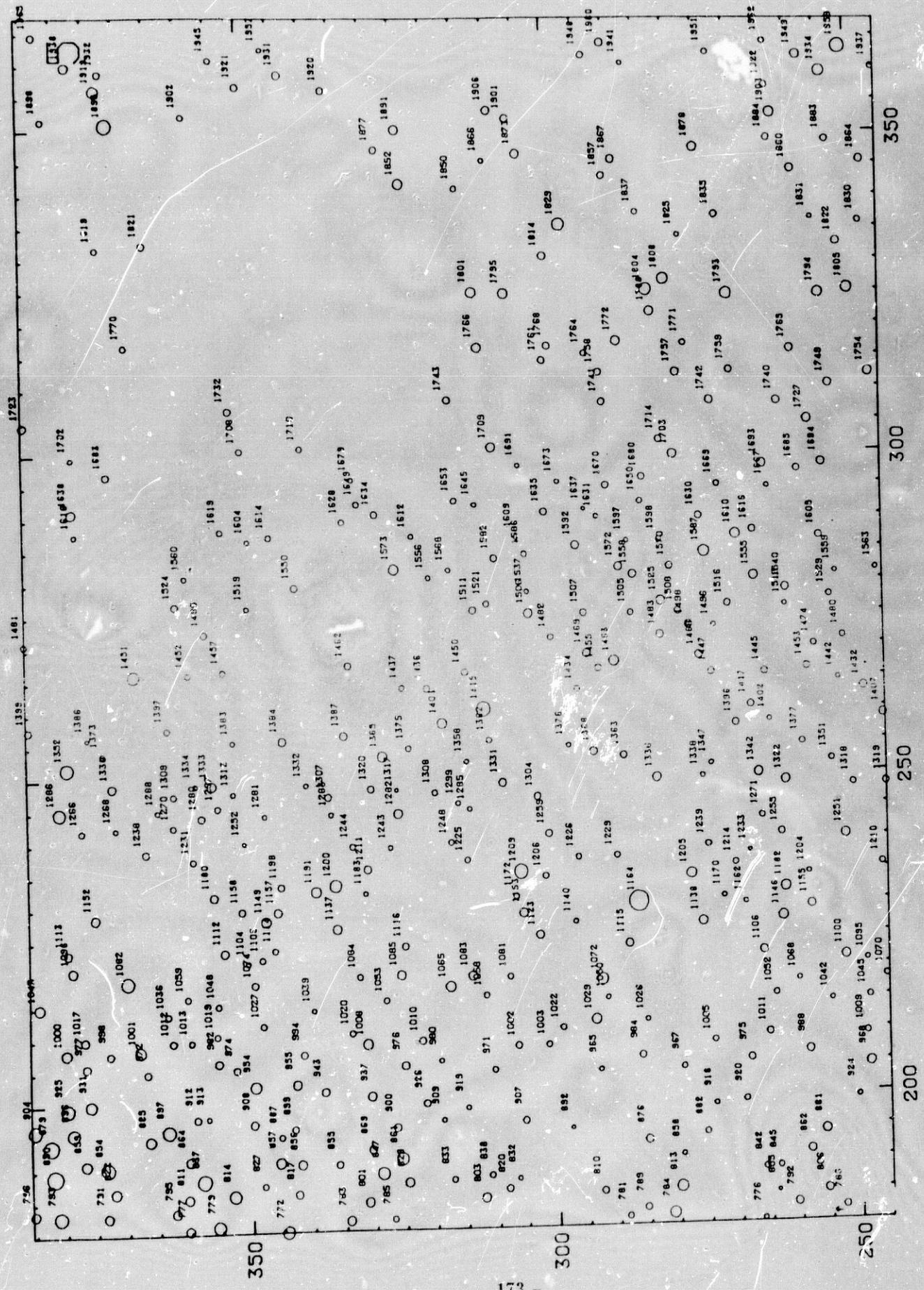
En páginas sucesivas, figuras A2.1b a A2.1m, cartas de identificación detalladas de Sextans A. En ellas, los números de identificación de las estrellas corresponden a los que aparecen en la tabla A2.1.

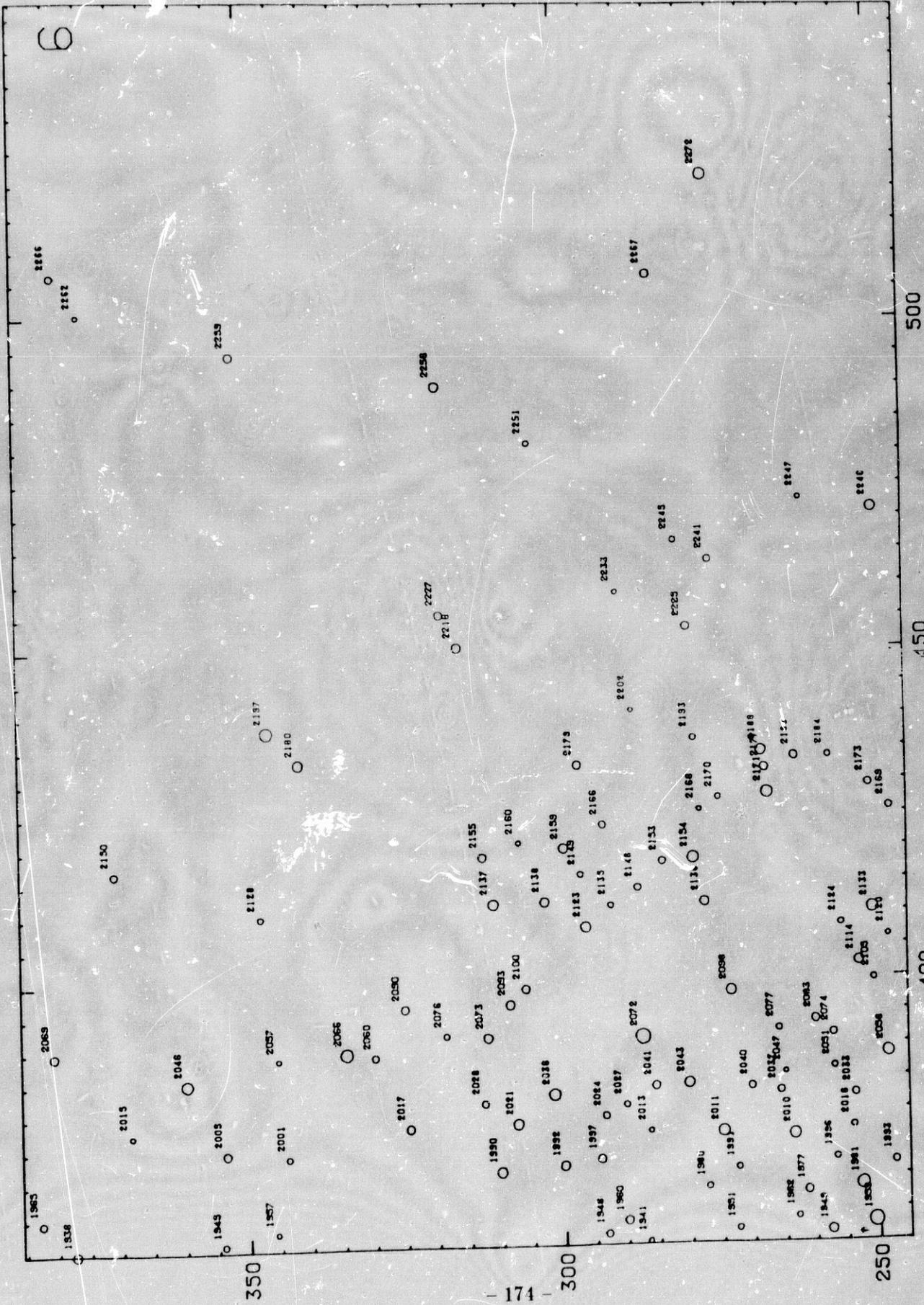


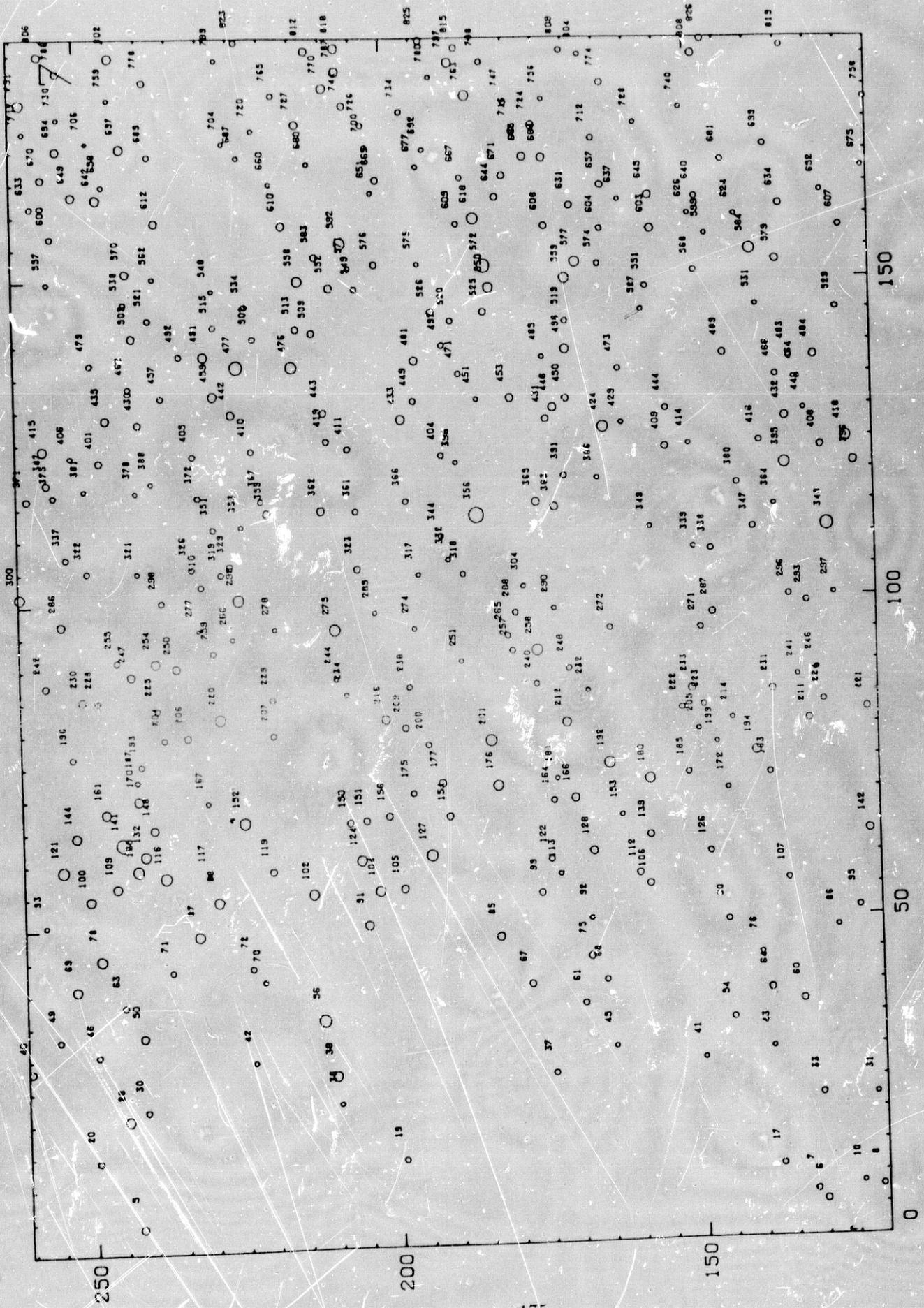


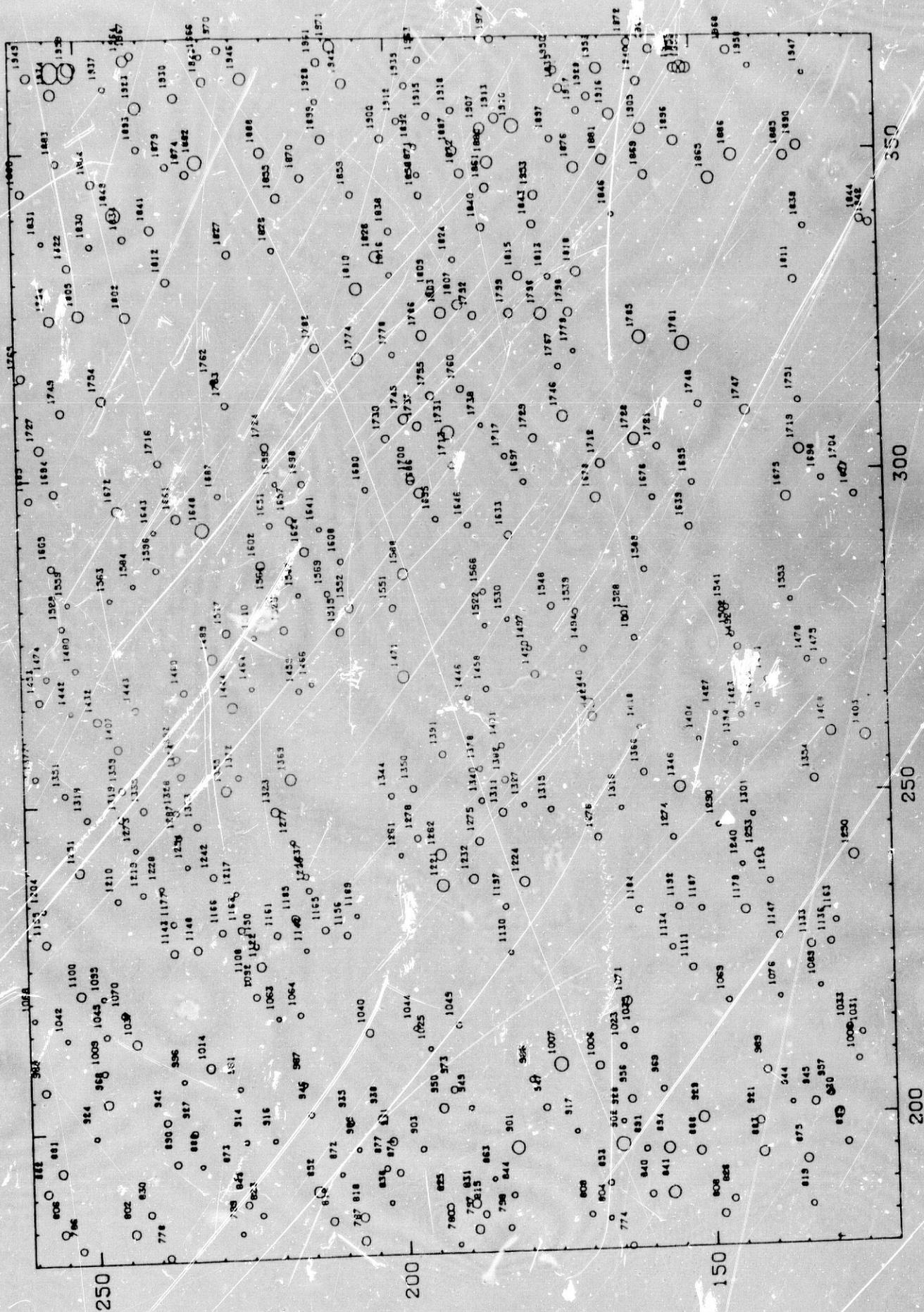


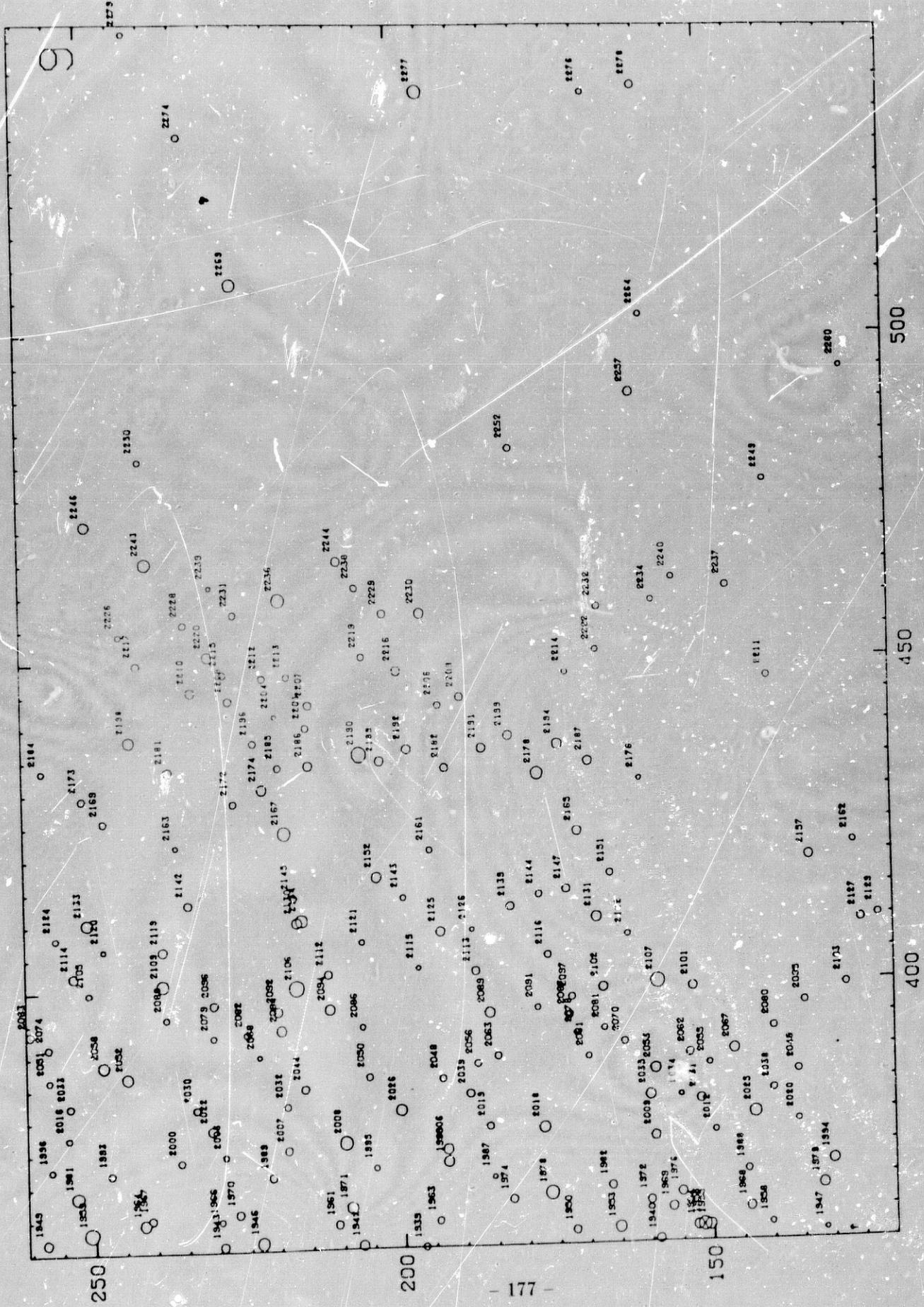


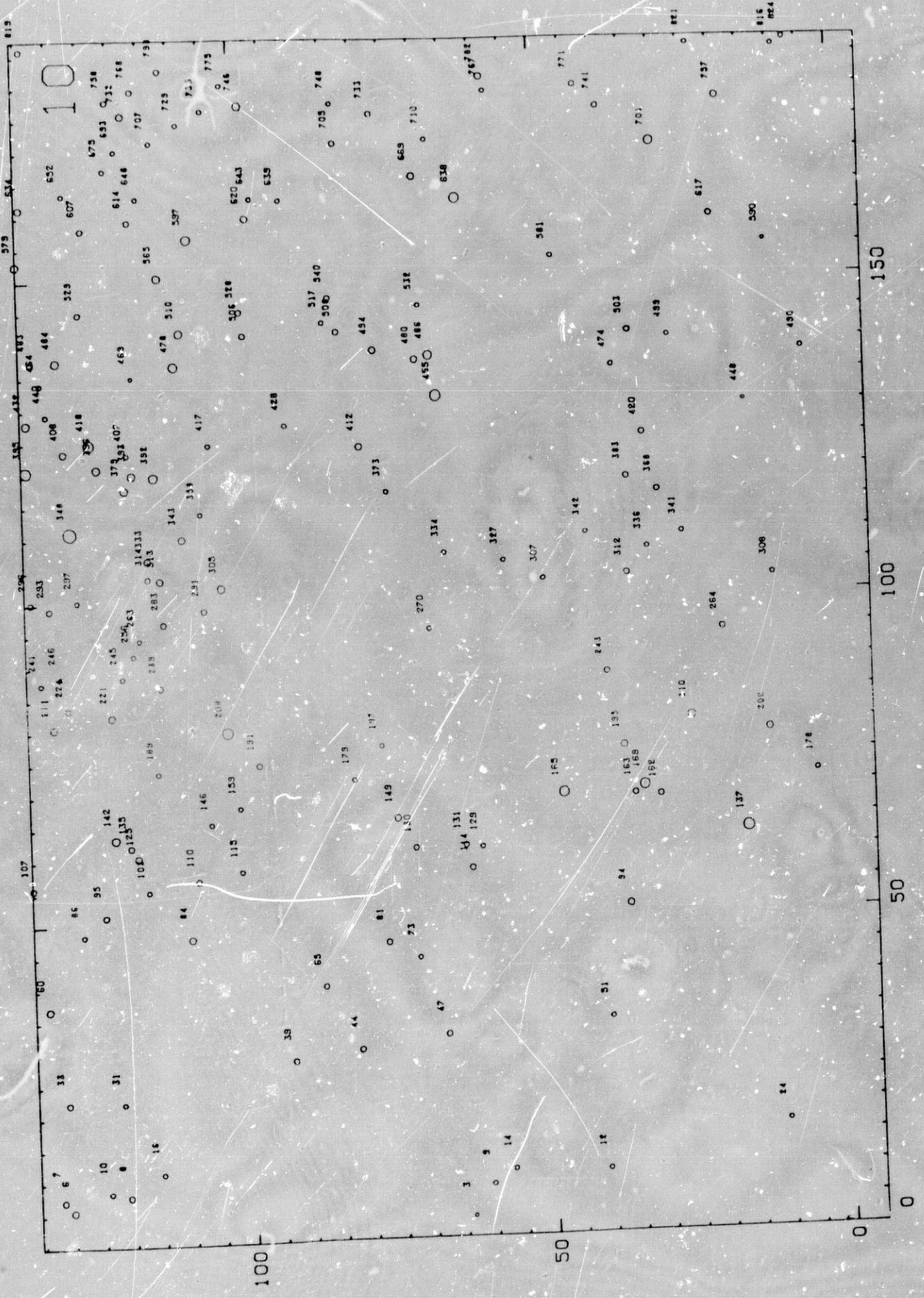


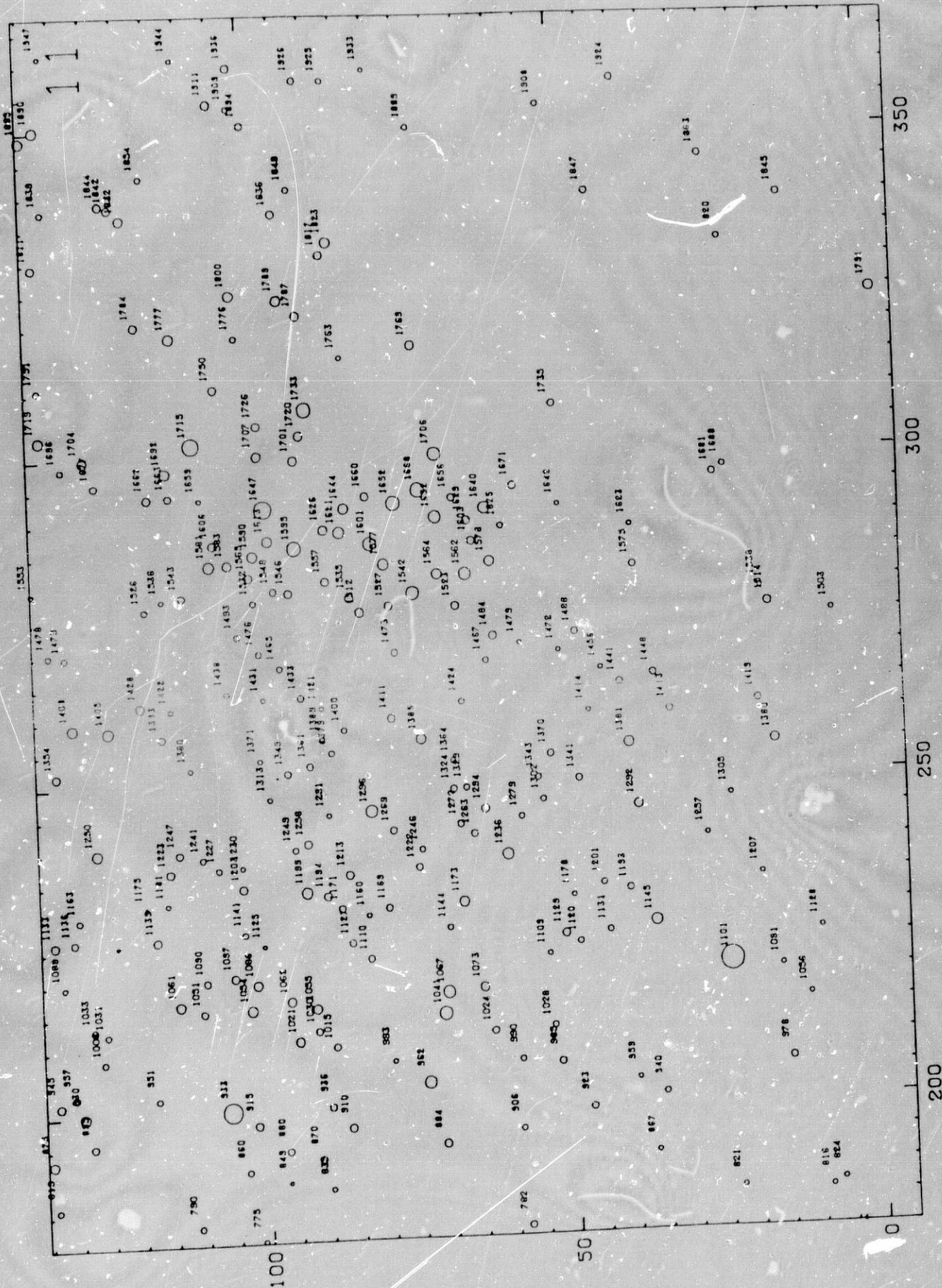




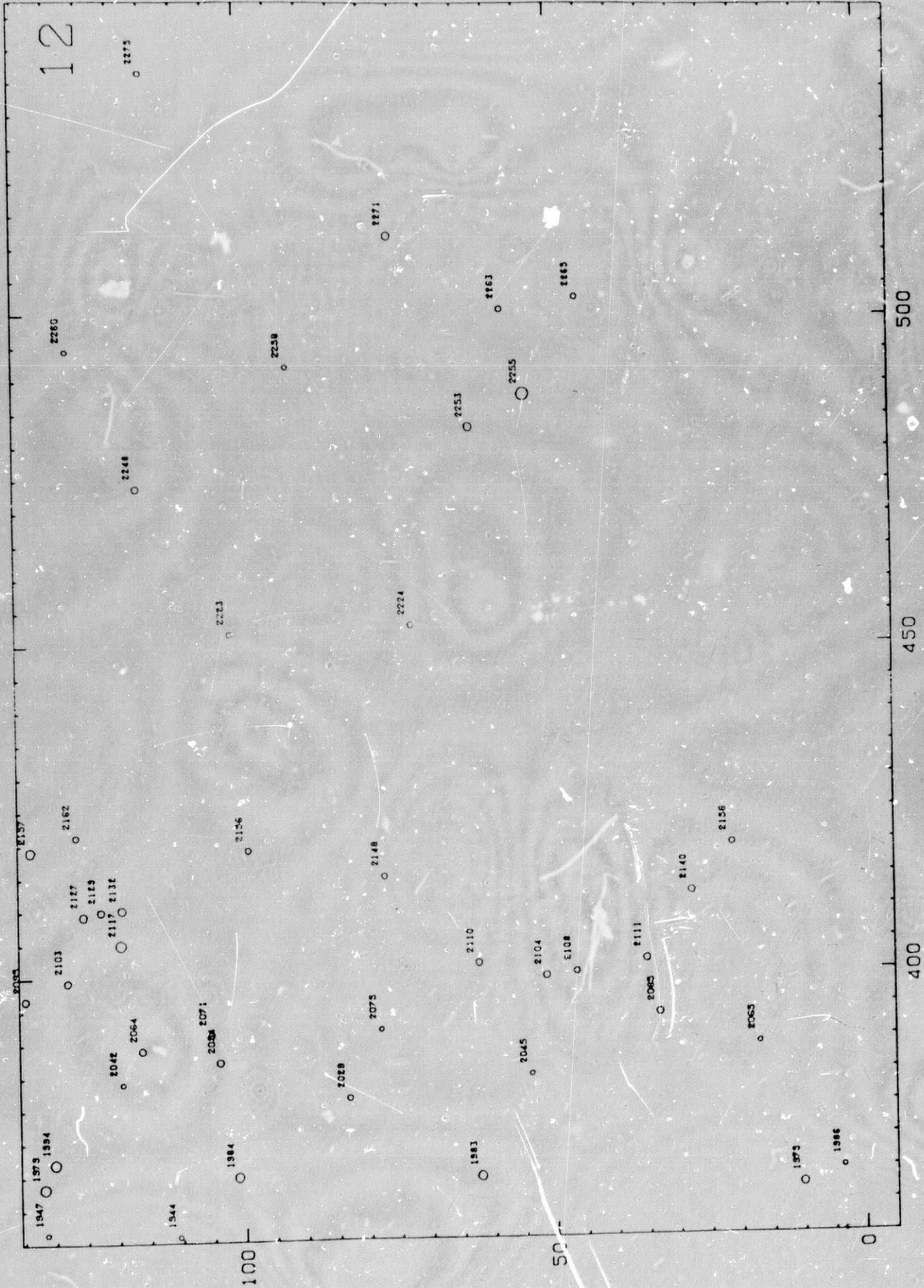








12



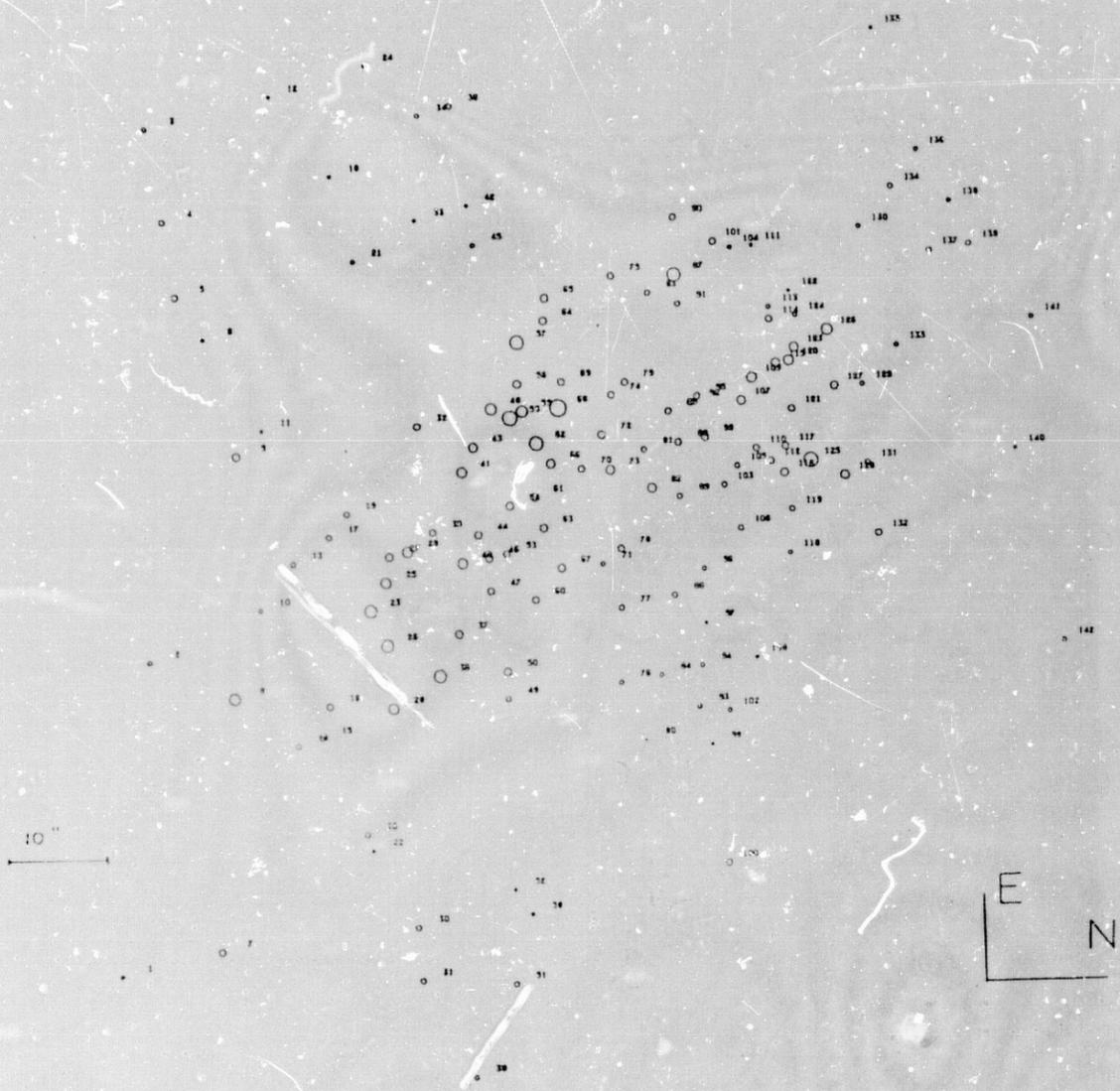


Figura A2.2. Carta de identificación de las estrellas resueltas en GR 8. Los números de identificación corresponden con los que aparecen en la tabla A2.2. El tamaño de los círculos es proporcional al brillo de las estrellas.

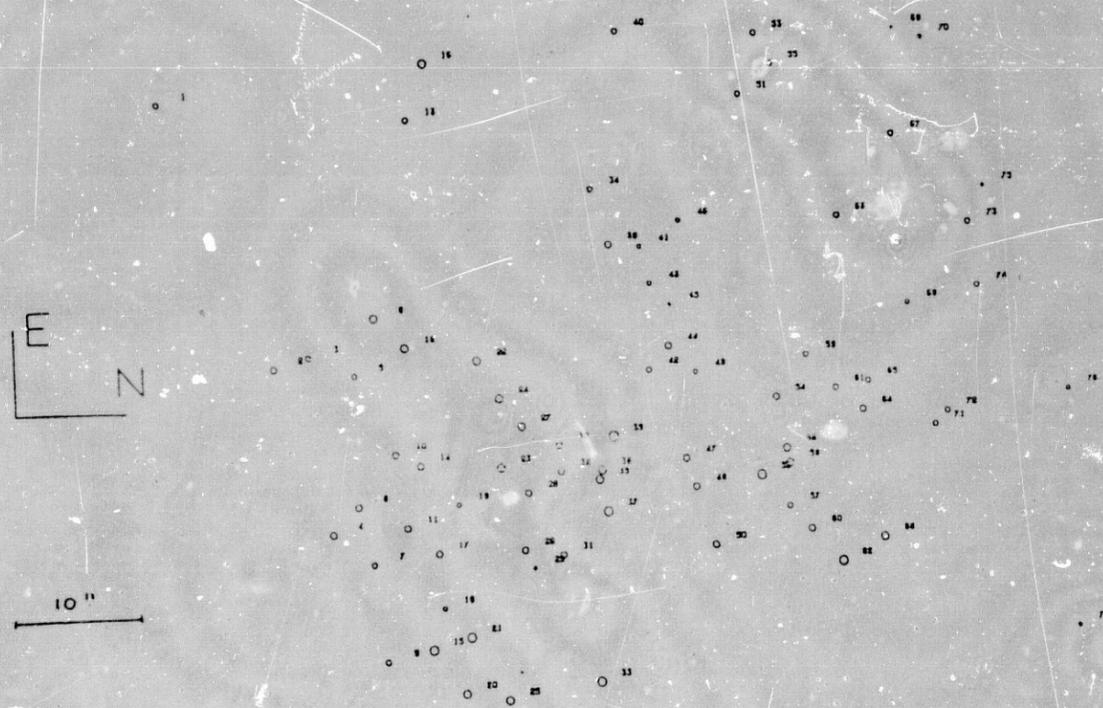


Figura A2.3. Carta de identificación de DDO 187. Los números de identificación de cada estrella corresponden con los dados en la tabla A2.3.

Tabla A2.1. Resultados fotométricos de Sextans A.

W	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)
1	2.39	319.25	---	---	1.88	0.26	22.57	0.09	101	54.85	329.43	---	---	0.42	0.17	22.78	0.12
2	2.73	277.66	-0.04	0.06	0.09	0.05	20.90	0.03	102	54.97	213.63	0.05	0.11	0.22	0.05	20.72	0.03
3	3.19	63.99	---	---	1.05	0.27	22.88	0.12	103	55.08	116.42	---	---	-0.11	0.25	23.36	0.22
4	3.55	296.86	---	---	0.67	0.34	23.22	0.15	104	55.28	202.77	-0.95	0.10	-0.08	0.06	21.29	0.05
5	4.01	242.60	-0.78	0.12	-0.18	0.12	22.19	0.08	105	55.49	198.73	-0.90	0.19	-0.10	0.13	22.27	0.10
6	5.67	130.34	-0.02	0.20	0.14	0.10	22.29	0.07	106	55.51	156.36	-0.81	0.17	-0.36	0.19	22.81	0.16
7	7.26	131.84	---	---	-0.12	0.22	23.35	0.16	107	55.91	135.47	---	---	-0.30	0.24	23.36	0.21
8	7.75	120.95	---	---	-0.01	0.20	23.22	0.16	108	56.37	272.01	-1.01	0.16	-0.35	0.21	23.37	0.19
9	8.14	60.65	---	---	1.39	0.16	22.04	0.06	109	56.48	245.64	-0.29	0.24	-0.21	0.21	21.52	0.13
10	8.41	124.09	---	---	1.64	0.14	21.89	0.05	110	56.60	108.20	-1.23	0.14	-0.34	0.22	23.30	0.20
11	8.67	330.73	---	---	1.08	0.20	21.74	0.13	111	57.03	293.39	---	---	-0.03	0.17	23.08	0.13
12	9.88	41.10	---	---	0.82	0.21	22.80	0.09	112	57.14	159.99	-1.03	0.13	0.18	0.12	22.08	0.09
13	10.07	331.83	---	---	2.19	0.23	20.67	0.18	113	57.33	173.09	---	---	0.19	0.26	23.27	0.19
14	10.37	57.07	---	---	0.06	0.24	23.42	0.19	114	57.64	62.71	-1.00	0.13	-0.42	0.17	23.21	0.14
15	10.61	261.45	-0.96	0.06	-0.22	0.05	21.42	0.04	115	57.93	100.94	---	---	0.63	0.18	23.12	0.11
16	11.24	115.35	---	---	1.34	0.14	22.00	0.06	116	58.02	237.63	0.01	0.19	-0.07	0.18	20.56	0.09
17	11.40	137.47	-0.46	0.20	0.04	0.13	22.76	0.09	117	58.05	230.50	---	---	0.04	0.26	23.43	0.20
18	13.49	300.10	---	---	0.61	0.37	23.44	0.18	118	58.32	312.46	---	---	0.71	0.15	22.83	0.11
19	13.56	199.41	---	---	1.38	0.12	21.94	0.05	119	58.62	220.11	0.38	0.28	-0.06	0.11	22.31	0.09
20	14.37	249.54	-0.90	0.24	-0.19	0.24	22.94	0.21	120	59.14	242.20	-0.06	0.19	0.63	0.17	19.90	0.11
21	14.92	384.35	-0.56	0.30	0.95	0.18	22.04	0.09	121	59.22	254.27	-0.32	0.10	0.01	0.08	20.75	0.06
22	16.57	315.56	---	---	0.71	0.28	22.75	0.21	122	59.61	174.48	-0.29	0.28	0.21	0.15	22.55	0.09
23	16.66	398.36	-0.19	0.06	0.56	0.04	18.78	0.04	123	59.78	318.81	-0.44	0.14	-0.10	0.10	22.54	0.07
24	16.74	10.79	---	---	0.21	0.25	23.23	0.15	124	60.01	205.69	-1.08	0.08	-0.24	0.07	21.26	0.06
25	18.12	274.63	---	---	0.22	0.24	22.99	0.16	125	60.29	118.16	---	---	0.50	0.13	21.93	0.08
26	19.15	434.68	-0.50	0.24	0.94	0.15	22.11	0.09	126	60.34	148.32	-0.01	0.37	0.24	0.15	22.71	0.11
27	19.11	229.82	-0.52	0.08	0.11	0.06	21.13	0.04	127	60.56	194.22	-0.43	0.17	-0.12	0.05	20.74	0.04
28	20.62	241.51	-0.40	0.09	0.11	0.08	20.82	0.06	128	60.73	167.58	-0.31	0.10	0.55	0.06	21.37	0.04
29	20.91	316.20	---	---	0.31	0.16	21.56	0.10	129	60.87	60.99	---	---	0.84	0.20	22.82	0.11
30	22.05	241.46	---	---	0.73	0.20	22.12	0.15	130	60.93	72.09	0.17	0.57	0.62	0.13	22.55	0.08
31	22.21	121.60	---	---	0.99	0.24	22.42	0.16	131	61.20	63.73	-0.59	0.21	-0.03	0.19	23.10	0.15
32	22.27	472.58	---	---	0.25	0.18	22.34	0.12	132	61.34	240.91	---	---	-0.62	0.27	21.55	0.17
33	22.37	130.63	---	---	1.07	0.21	22.02	0.15	133	61.73	339.33	-0.07	0.11	0.19	0.05	21.43	0.04
34	22.45	465.48	-0.12	0.23	0.44	0.21	21.99	0.15	134	61.97	367.58	-0.83	0.17	-0.06	0.14	22.89	0.10
35	22.48	209.87	---	---	1.30	0.19	22.03	0.10	135	62.03	119.25	---	---	0.02	0.22	22.78	0.17
36	22.79	469.52	---	---	1.18	0.11	20.44	0.06	136	62.27	265.83	-0.95	0.19	-0.19	0.23	23.14	0.20
37	26.42	174.48	-1.28	0.13	-0.27	0.21	25.09	0.19	137	62.87	16.40	---	---	-0.24	0.04	20.96	0.03
38	26.84	210.48	-0.80	0.04	-0.02	0.06	20.96	0.05	138	63.03	300.39	-0.81	0.11	-0.12	0.09	22.15	0.07
39	28.20	92.37	---	---	0.44	0.13	22.56	0.07	139	63.08	158.18	-0.61	0.24	0.16	0.17	22.23	0.07
40	28.27	250.10	-0.54	0.16	0.10	0.10	22.56	0.07	140	63.09	305.06	-0.47	0.04	-0.36	0.15	19.98	0.13
41	28.29	149.97	---	---	-0.01	0.35	23.69	0.30	141	63.26	244.56	-0.21	0.10	-0.13	0.15	19.98	0.13
42	29.12	223.67	---	---	0.92	0.16	22.54	0.09	142	63.31	121.76	-0.20	0.12	0.54	0.08	21.65	0.06
43	29.75	138.69	---	---	0.20	0.23	23.21	0.16	143	64.38	331.96	-1.29	0.27	0.29	0.23	21.46	0.15
44	29.75	61.91	-0.91	0.16	-0.31	0.16	23.15	0.11	144	64.41	251.99	0.24	0.25	0.99	0.14	20.45	0.06
45	30.41	164.57	---	---	0.52	0.18	22.80	0.15	145	64.43	265.06	-0.93	0.15	-0.02	0.16	22.66	0.13
46	30.63	243.24	---	---	0.35	0.14	21.83	0.10	146	65.32	105.81	---	---	-0.39	0.30	23.54	0.25
47	31.79	67.39	-0.81	0.52	0.22	0.16	21.99	0.10	147	65.37	270.13	-0.93	0.07	0.06	0.07	21.52	0.06
48	32.69	268.48	---	---	0.78	0.17	22.85	0.12	148	65.44	233.35	---	---	-0.25	0.34	22.26	0.23
49	33.05	255.41	-0.89	0.17	0.21	0.16	22.93	0.12	149	65.68	75.01	-1.10	0.12	-0.12	0.14	22.82	0.11
50	33.41	241.78	1.64	0.47	1.24	0.05	20.68	0.03	150	65.91	207.42	-1.03	0.16	-0.07	0.19	22.77	0.15
51	33.77	20.00	---	---	0.47	0.13	23.13	0.12	151	66.12	294.74	0.89	0.15	0.17	0.15	22.33	0.11
52	33.92	382.91	1.11	0.51	0.52	0.24	23.30	0.14	152	66.20	224.61	-0.27	0.06	0.32	0.05	20.41	0.01
53	33.93	327.11	---	---	0.28	0.23	22.34	0.26	153	66.28	162.76	---	---	1.34	0.17	22.23	0.08
54	34.42	145.12	---	---	0.16	0.16	22.87	0.11	154	66.56	191.11	-0.45	0.29	0.35	0.13	22.70	0.17
55	35.47	505.34	-0.76	0.13	0.73	0.09	21.85	0.06	155	66.76	278.10	-1.59	0.19	-0.33	0.33	23.35	0.29
56	35.49	212.37	-0.70	0.05	-0.06	0.03	20.22	0.03	156	66.81	200.99	0.04	0.21	0.87	0.09	21.40	0.05
57	35.90	347.94	-0.12	0.23	0.03	0.14	22.35	0.06	157	67.41	330.63	---	---	0.58	0.26	23.17	0.15
58	35.95	413.18	---	---	0.97	0.08	21.62	0.05	158	67.76	395.37	---	---	0.28	0.15	23.11	0.12
59	35.79	421.09	1.00	0.14	1.32	0.03	19.99	0.02	159	67.78	100.36	---	---	0.34	0.29	23.39	0.19
60	37.03	133.38	-0.77	0.12	0.06	0.10	22.41	0.07	160	67.91	376.73	---	---	0.96	0.19	20.68	0.07
61	37.15	169.52	-1.20	0.14	0.11	0.14	22.77	0.11	161	67.97	247.17	---	---	1.28	0.15	21.79	0.06
62	37.97	357.34	---	---	1.06	0.19	22.71	0.10	162	68.27	71.00	---	---	1.60	0.19	21.46	0.07
63	38.15	244.87	-0.79	0.22	-0.57	0.28	23.50	0.26	163	68.61	35.22	---	---	0.69	0.17	22.33	0.10
64	38.95	138.75	-0.10	0.18	-0.06	0.11	22.51	0.09	164	68.74	173.90	---	---	-0.25	0.05	21.35	0.05
65	39.73	87.63	---	---	0.03	0.16	23.17	0.12	165	68.96	47.29	-1.14	0.05	-0.25	0.05	21.35	0.05
66	39.95	276.68	---	---	1.09	0.26	22.82	0.12	166	69.03	170.42	-1.38	0.08	-0.26	0.12	22.41	0.10
67	40.35	176.26	---	---	0.26	0.11	22.38	0.08	167	69.32	230.60	-1.17	0.25	-0.38	0.45	23.81	0.38
68	40.73	165.90	---	---	0.06	0.13	22.69	0.10	168	69.51	315.43	-1.30	0.20	-0.14	0.27	23.49	0.22
69	40.84	252.49	-0.40	0.09	0.00	0.08	21.62	0.06	169	69.86	33.64	---	---	-0.40	0.09	21.51	0.07
70	41.63	221.89	-0.85	0.26	0.68	0.18	22.63	0.09	170	69.89	241.88	-0.92	0.16	0.13	0.20	21.51	0.14
71	43.42	236.93	-1.23	0.14	0.34	0.15	22.53	0.11	171	70.00	325.08	0.42	0.39	0.33	0.15	22.32	0.12
72	43.73	223.80	-0.90	0.22	-0.43	0.22	23.43	0.16	172	70.14	145.14	---	---	-0.09	0.22	23.35	0.15
73	43.86	71.99	---	---	-0.12	0.24	23.49	0.20	173	70.19	278.83	---	---	1.32	0.14	21.46	0.06
74	43.99	287.01	---	---	-0.25	0.18	23.38	0.15	174	70.19	275.65	---	---	0.70	0.18	22.45	0.10
75	44.42	168.															

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	
201	76.19	184.04	-1.35	0.05	-0.26	0.04	20.73	0.04	301	101.61	392.17	-0.93	0.24	0.66	0.15	22.85	0.10	
202	78.28	12.42	-----	-----	-0.09	0.12	22.64	0.10	302	101.68	287.12	-0.19	0.11	-0.13	0.09	22.13	0.07	
203	78.89	286.94	-----	-----	-0.37	0.28	23.41	0.25	303	101.65	279.88	0.57	0.22	1.27	0.07	20.72	0.05	
204	79.31	237.44	0.02	0.43	0.19	0.21	22.87	0.16	304	102.08	178.18	-----	-----	-----	0.22	0.32	23.38	0.26
205	79.43	149.87	-0.79	0.27	0.66	0.19	22.63	0.12	305	102.12	103.12	-0.30	0.11	-0.09	0.08	22.10	0.07	
206	79.51	233.59	-1.11	0.13	-0.08	0.16	22.66	0.13	306	102.27	358.93	-0.89	0.13	-0.20	0.13	22.36	0.10	
207	79.59	219.61	-----	-----	0.26	0.20	22.84	0.14	307	102.58	43.74	-----	-----	-----	0.60	0.16	22.71	0.10
208	79.61	102.78	-0.59	0.03	-0.03	0.03	20.66	0.02	308	102.69	11.30	-----	-----	-----	0.36	0.16	23.08	0.10
209	80.43	197.95	-1.32	0.09	-0.09	0.12	22.44	0.10	309	102.72	333.57	0.88	0.33	1.81	0.08	20.09	0.05	
210	80.50	25.50	-----	-----	-0.02	0.06	21.90	0.05	310	102.77	230.95	-0.86	0.23	-0.04	0.23	23.25	0.21	
211	80.69	131.37	0.67	0.29	1.16	0.07	21.19	0.03	311	102.83	366.48	-0.98	0.14	-0.28	0.14	22.56	0.11	
212	80.84	171.34	-0.17	0.14	0.10	0.05	21.52	0.04	312	103.15	35.73	-----	-----	-----	0.37	0.13	22.61	0.09
213	81.02	265.70	-0.26	0.20	0.97	0.12	21.76	0.06	313	103.36	113.25	-0.38	0.22	-0.14	0.13	22.53	0.10	
214	81.05	144.17	-0.74	0.29	-0.30	0.36	23.62	0.33	314	103.67	115.28	-1.05	0.24	0.62	0.17	22.45	0.10	
215	81.45	440.42	-----	-----	1.57	0.11	22.22	0.03	315	103.71	360.64	-----	-----	-----	0.31	0.20	22.90	0.12
216	81.77	201.18	-1.06	0.07	-0.23	0.08	21.87	0.07	316	104.01	325.16	-----	-----	-----	0.25	0.19	23.01	0.12
217	82.03	324.34	-1.19	0.05	-0.07	0.05	21.54	0.04	317	104.09	195.36	-----	-----	-----	0.15	0.24	23.30	0.17
218	82.10	261.20	-----	-----	1.11	0.13	21.98	0.08	318	104.12	188.03	-----	-----	-----	0.03	0.26	22.98	0.20
219	82.21	273.69	-----	-----	-0.02	0.34	23.39	0.27	319	104.36	227.63	-1.20	0.18	0.28	0.28	23.26	0.33	
220	82.25	228.20	-0.01	0.06	0.19	0.04	20.34	0.03	320	104.93	364.73	-0.42	0.29	-0.14	0.19	23.00	0.15	
221	82.34	121.77	-0.40	0.13	0.18	0.09	22.14	0.07	321	105.02	241.28	-0.11	0.31	0.83	0.24	22.84	0.12	
222	82.71	152.59	-0.99	0.17	0.12	0.17	22.69	0.13	322	105.15	249.44	-0.81	0.26	-0.33	0.37	23.51	0.33	
223	83.13	148.94	-----	-----	0.03	0.19	22.86	0.15	323	105.15	205.41	-0.15	0.20	0.31	0.13	22.21	0.08	
224	83.60	128.93	0.01	0.35	-0.22	0.28	23.31	0.25	324	105.35	328.65	-0.73	0.26	0.07	0.19	23.29	0.14	
225	83.90	238.30	-1.42	0.13	0.03	0.17	22.71	0.14	325	105.39	308.50	-0.34	0.17	0.24	0.10	22.13	0.07	
226	84.26	285.04	-----	-----	-0.27	0.10	21.10	0.06	326	105.50	332.58	-1.10	0.17	-0.21	0.20	23.09	0.16	
227	84.57	337.04	-0.46	0.25	0.38	0.12	22.47	0.07	327	105.56	56.30	0.02	0.45	0.76	0.17	22.76	0.09	
228	85.14	248.18	-----	-----	0.62	0.19	22.48	0.15	328	105.71	203.64	0.70	0.37	0.25	0.06	20.34	0.03	
229	85.14	219.59	-0.55	0.24	-0.39	0.28	23.34	0.26	329	105.78	226.18	0.72	0.43	0.79	0.15	21.63	0.11	
230	85.37	250.57	-0.33	0.18	-0.32	0.15	22.36	0.14	330	105.78	405.01	-0.03	0.51	-0.13	0.21	23.50	0.19	
231	85.41	137.46	0.22	0.25	0.28	0.10	22.29	0.06	331	106.09	383.63	-----	-----	-----	0.67	0.12	22.40	0.08
232	85.66	167.96	-----	-----	0.36	0.24	23.13	0.19	332	106.40	190.47	-----	-----	-----	1.10	0.23	22.24	0.12
233	85.69	150.78	-0.95	0.12	-0.43	0.12	22.16	0.09	333	106.50	115.22	-----	-----	-----	0.45	0.11	22.16	0.08
234	85.70	207.61	-1.00	0.19	0.47	0.17	22.78	0.11	334	106.93	66.02	-----	-----	-----	0.44	0.16	22.97	0.11
235	86.18	301.71	-1.23	0.12	-0.30	0.17	23.12	0.15	335	107.18	322.31	-1.19	0.14	-0.22	0.29	23.19	0.18	
236	86.55	36.-----	-----	-----	1.06	0.34	23.26	0.13	336	107.27	32.19	-----	-----	-----	-0.11	0.35	23.75	0.31
237	86.68	27.-----	-0.43	0.10	-0.05	0.08	21.64	0.07	337	107.37	252.77	0.20	0.51	1.34	0.16	21.83	0.08	
238	86.70	197.20	-1.25	0.22	0.24	0.20	22.97	0.15	338	107.46	147.25	-----	-----	-----	0.36	0.17	22.82	0.11
239	86.77	115.52	-----	-----	0.56	0.14	22.50	0.10	339	107.81	150.19	-----	-----	-----	0.69	0.23	23.07	0.14
240	86.82	176.41	-0.68	0.46	-0.17	0.28	23.17	0.26	340	109.24	367.49	0.09	0.15	0.01	0.08	21.67	0.06	
241	87.60	133.22	-----	-----	0.36	0.23	23.12	0.15	341	109.49	26.33	-----	-----	-----	0.42	0.18	22.91	0.12
242	87.60	256.43	0.35	0.35	0.66	0.13	22.41	0.11	342	109.67	42.48	-----	-----	-----	0.39	0.21	22.97	0.14
243	87.76	39.43	-----	-----	0.09	0.15	23.04	0.12	343	109.83	109.45	-1.01	0.10	-0.16	0.13	22.49	0.10	
244	88.16	209.19	-0.76	0.31	0.61	0.23	23.10	0.15	344	110.12	191.59	-0.66	0.24	-0.65	0.36	23.59	0.33	
245	88.32	119.92	-----	-----	0.21	0.23	23.37	0.18	345	110.57	355.01	-0.79	0.11	-0.15	0.10	22.23	0.08	
246	88.65	129.99	-0.41	0.34	0.62	0.20	22.88	0.12	346	110.77	327.07	-0.35	0.20	0.06	0.12	22.70	0.10	
247	89.08	242.68	-0.03	0.14	0.40	0.07	21.41	0.05	347	110.77	140.25	-0.23	0.43	0.40	0.12	22.31	0.07	
248	89.19	170.93	-0.86	0.43	-0.31	0.28	23.54	0.25	348	111.07	127.88	0.82	0.05	1.07	0.04	18.51	0.03	
249	89.41	300.35	-----	-----	0.82	0.09	21.88	0.06	349	111.07	157.28	-----	-----	-----	0.69	0.19	23.02	0.11
250	90.26	235.27	0.55	0.24	1.17	0.07	20.82	0.04	350	111.23	302.17	-0.01	0.19	0.26	0.11	22.07	0.08	
251	90.53	188.60	-----	-----	1.08	0.23	22.51	0.11	351	111.60	228.77	-----	-----	-----	1.45	0.12	21.64	0.05
252	90.72	272.74	-----	-----	0.92	0.29	22.46	0.12	352	111.75	372.92	-----	-----	-----	1.59	0.23	21.12	0.04
253	90.90	285.55	-0.43	0.28	0.17	0.22	22.53	0.13	353	111.92	228.18	-0.43	0.33	-0.13	0.23	23.37	0.15	
254	91.04	238.64	-0.67	0.09	-0.04	0.08	21.69	0.07	354	112.56	281.88	-1.10	0.06	-0.10	0.05	21.05	0.04	
255	91.27	244.89	-----	-----	0.55	0.29	22.58	0.12	355	112.60	266.30	-----	-----	-----	0.78	0.20	22.78	0.14
256	91.78	117.95	-----	-----	-0.14	0.27	23.40	0.23	356	113.24	185.64	-0.30	0.33	-0.08	0.04	19.14	0.03	
257	92.07	180.27	-1.01	0.27	0.35	0.18	22.36	0.12	357	113.58	502.64	-0.94	0.19	0.05	0.19	22.70	0.14	
258	92.09	176.11	0.23	0.25	-0.14	0.04	20.72	0.03	358	113.72	106.38	-----	-----	-----	0.41	0.20	22.87	0.15
259	92.47	229.19	-0.07	0.43	-0.18	0.24	23.25	0.20	359	113.92	219.91	-0.56	0.25	-0.43	0.15	22.49	0.14	
260	93.67	294.23	0.30	0.27	1.68	0.07	20.81	0.03	360	113.94	354.32	-0.81	0.13	-0.57	0.14	22.76	0.12	
261	93.84	336.55	-0.85	0.11	-0.23	0.10	22.33	0.06	361	114.09	205.46	-----	-----	-----	-0.26	0.17	23.08	0.15
262	93.89	364.22	-1.07	0.23	0.53	0.16	22.91	0.10	362	114.31	211.09	-1.12	0.09	-0.23	0.08	22.08	0.06	
263	94.21	116.91	-----	-----	0.92	0.20	22.58	0.11	363	114.32	172.85	-1.12	0.12	-0.20	0.10	22.20	0.09	
264	94.31	19.85	-----	-----	0.25	0.16	22.82	0.12	364	114.35	136.66	-0.91	0.40	0.19	0.20	23.05	0.12	
265	94.43	180.99	-----	-----	0.13	0.26	23.00	0.19	365	115.20	175.89	-0.33	0.25	0.18	0.10	21.94	0.07	
266	94.59	225.99	-1.06	0.30	-0.42	0.41	23.90	0.37	366	115.60	197.21	-1.04	0.18	0.06	0.20	22.88	0.15	
267	94.78	398.18	-0.71	0.06	-0.07	0.04	21.44	0.03	367	115.86	220.96	-0.28	0.38	0.04	0.21	22.74	0.17	
268	94.78	270.22	-1.46	0.09	-0.19	0.11	22.29	0.09	368	116.12	30.25	-----	-----	-----	1.01	0.12	22.17	0.07
269	94.96	334.42	-----	-----	0.43	0.27	23.20	0.16	369	116.15	288.46	-0.66	0.37	-0.40	0.21	23.20	0.18	
270	95.12	68.84	-0.08	0.52	0.86	0.18	22.93	0.10	370	116.17	337.01	-1.20	0.16	0.05	0.15	22.54	0.12	
271	95.23	149.22	-0.90	0.21	-0.50	0.26	23.43	0.23	371	116.49	258.88	-0.15	0.27	-0.04	0.13	22.67	0.	

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)
401	122.16	247.21			0.14	0.12	22.51	0.08	501	140.79	393.42	-1.13	0.19	0.19	0.16	22.43	0.11
402	122.40	278.21	-0.41	0.15	-0.08	0.12	22.57	0.10	502	140.96	221.73			-0.22	0.28	23.05	0.19
403	122.60	305.92	-0.37	0.15	0.77	0.11	21.42	0.05	503	141.20	34.50			0.04	0.17	23.17	0.14
404	122.61	191.31	-0.94	0.21	-0.86	0.45	23.91	0.44	504	141.22	351.43			-0.06	0.27	22.86	0.24
405	122.98	231.94	-0.63	0.20	-0.23	0.14	22.98	0.11	505	141.26	241.45	-1.14	0.10	-0.19	0.10	22.26	0.08
406	123.02	231.66			0.47	0.18	22.78	0.11	506	141.30	98.51	-0.17	0.25	0.10	0.13	22.65	0.09
407	123.06	118.22			0.06	0.33	23.48	0.27	507	141.60	261.77	-0.75	0.13	0.29	0.11	21.40	0.06
408	123.44	128.59	-1.28	0.12	-0.11	0.14	22.35	0.11	508	141.71	83.11	0.34	0.50	0.38	0.15	22.32	0.10
409	123.58	154.47	-1.03	0.14	-0.03	0.14	22.68	0.11	509	141.79	212.09			0.73	0.12	21.62	0.08
410	123.65	222.36			1.27	0.16	21.90	0.06	510	141.86	109.04	-0.05	0.12	-0.15	0.09	21.96	0.08
411	123.76	206.58	-0.82	0.24	0.39	0.20	22.69	0.14	511	142.08	291.54			0.24	0.20	23.15	0.15
412	123.79	79.72	0.05	0.18	0.12	0.07	22.09	0.05	512	142.28	380.46	-2.19	0.31	0.56	0.34	22.67	0.20
413	123.87	343.53	-0.68	0.20	0.58	0.13	22.16	0.07	513	142.45	214.67			0.06	-0.02	20.88	0.04
414	123.93	150.34			0.91	0.16	22.36	0.09	514	142.60	277.65	-0.67	0.06	-0.22	0.01	22.22	0.20
415	124.08	256.15	-1.33	0.06	-0.05	0.06	21.58	0.04	515	142.81	228.11	-1.40	0.22	0.16	0.14	22.09	0.10
416	124.28	138.87			0.03	0.28	23.25	0.22	516	143.02	338.79	-0.89	0.13	-0.16	0.22	22.82	0.12
417	124.39	104.74	-0.45	0.28	-0.07	0.29	23.46	0.24	517	143.14	85.39	-0.32	0.45	0.58	0.22	22.82	0.12
418	124.76	124.43	-0.45	0.06	0.04	0.05	20.73	0.04	518	143.23	463.43	-0.04	0.17	1.56	0.07	20.75	0.04
419	124.97	210.08	-0.37	0.37	0.50	0.24	22.73	0.18	519	143.24	170.43	-0.45	0.25	0.30	0.19	22.71	0.11
420	125.18	32.47			-0.13	0.18	23.21	0.15	520	143.37	189.35			0.27	0.20	22.71	0.14
421	125.28	274.70			0.77	0.18	22.84	0.12	521	144.05	238.72			-0.06	0.26	23.11	0.23
422	125.36	270.75			0.52	0.16	22.69	0.11	522	144.20	330.48	-0.57	0.09	-0.05	0.05	20.70	0.04
423	126.21	328.71			1.00	0.21	22.75	0.12	523	144.26	361.76	-0.99	0.13	-0.20	0.09	15.79	0.05
424	126.67	164.56	-0.89	0.05	-0.03	0.05	20.60	0.03	524	144.51	311.98	-0.38	0.36	-0.06	0.23	23.30	0.19
425	126.64	266.33	-0.12	0.57	0.23	0.34	23.35	0.27	525	144.78	183.86	-0.58	0.40	1.47	0.17	21.23	0.05
426	126.84	489.10	0.40	0.38	1.07	0.07	21.70	0.04	526	144.79	192.52	-0.39	0.27	-0.89	0.23	23.50	0.26
427	127.14	359.16	-1.02	0.09	-0.22	0.06	21.00	0.04	527	144.88	157.90	0.26	0.52	0.33	0.29	23.25	0.22
428	127.28	92.05	-0.76	0.24	0.60	0.17	22.53	0.12	528	144.97	99.03	-0.37	0.32	0.42	0.17	22.79	0.10
429	127.30	161.56			1.01	0.20	22.38	0.10	529	144.98	125.65	-0.47	0.24	-0.01	0.16	23.00	0.13
430	128.01	240.75	-1.14	0.14	-1.05	0.33	23.54	0.32	530	145.12	366.00	-0.53	0.14	-0.24	0.09	19.18	0.06
431	128.05	173.99	-0.86	0.20	-0.06	0.22	22.63	0.17	531	145.56	138.94			1.51	0.15	21.98	0.06
432	128.08	134.49	-1.36	0.09	-0.04	0.11	22.13	0.09	532	145.69	69.37			0.49	0.21	23.05	0.11
433	128.19	197.71	-0.48	0.08	0.03	0.06	21.27	0.04	533	145.72	335.47	-0.78	0.20	0.49	0.15	21.71	0.09
434	128.56	353.81	-0.26	0.21	-0.15	0.12	22.21	0.10	534	145.94	222.90	-0.46	0.29	0.33	0.19	22.61	0.14
435	128.63	245.99	1.05	0.42	0.51	0.09	21.07	0.05	535	145.98	319.24			-0.29	0.17	22.81	0.12
436	128.71	300.75			0.14	0.27	22.59	0.20	536	146.21	178.23	-1.29	0.31	0.25	0.23	22.23	0.18
437	128.89	293.21	-0.39	0.11	0.14	0.11	21.61	0.08	537	146.47	242.66			0.60	0.15	19.12	0.05
438	129.06	232.98			0.14	0.22	23.39	0.16	538	146.47	242.66			-0.67	0.37	23.70	0.33
439	129.23	335.48			1.44	0.11	21.65	0.05	539	147.01	273.50	-1.40	0.21	-0.67	0.37	23.70	0.33
440	129.31	131.27			0.68	0.26	22.73	0.11	540	147.04	84.39	-1.36	0.14	-0.32	0.20	23.15	0.17
441	129.34	402.06			0.40	0.23	23.35	0.17	541	147.15	384.24			-0.23	0.19	22.38	0.14
442	129.35	225.47	0.77	0.35	1.32	0.11	20.85	0.05	542	147.24	351.02			1.22	0.15	19.95	0.07
443	129.44	210.42	-0.16	0.22	0.90	0.11	21.54	0.07	543	148.03	428.56			0.37	0.16	23.07	0.10
444	129.55	154.18	-0.35	0.27	-0.24	0.20	23.14	0.17	544	148.12	338.13	-1.23	0.07	-0.24	0.07	20.90	0.05
445	129.64	311.39			1.05	0.22	22.71	0.13	545	148.13	363.84	-1.01	0.14	-0.38	0.12	20.10	0.08
446	129.83	172.71	-0.82	0.13	-0.13	0.17	22.28	0.14	546	148.38	374.59	-0.74	0.29	-0.25	0.19	21.57	0.18
447	129.89	375.31			0.71	0.16	22.29	0.09	547	148.42	390.12	-0.77	0.10	-0.13	0.07	19.95	0.04
448	131.11	15.24			1.33	0.13	22.47	0.08	548	148.44	228.26			0.54	0.28	23.18	0.16
449	131.01	195.67	-0.57	0.22	0.19	0.14	22.71	0.12	549	148.48	204.91	-0.31	0.37	-0.27	0.28	22.98	0.24
450	131.19	170.56	-0.16	0.22	0.73	0.14	21.86	0.09	550	148.54	182.92	-0.34	0.18	-0.20	0.10	21.25	0.07
451	131.20	185.34			1.00	0.15	22.31	0.08	551	148.56	157.09	-1.09	0.17	-0.60	0.27	23.56	0.24
452	131.35	280.46	-0.33	0.28	0.12	0.15	22.98	0.10	552	148.76	205.14			1.22	0.19	20.92	0.09
453	131.37	179.80	0.20	0.14	1.14	0.05	20.89	0.03	553	148.71	354.31	-0.46	0.21	0.07	0.15	20.75	0.11
454	131.45	362.91	-1.21	0.19	-0.58	0.24	23.70	0.22	554	148.12	338.13	-1.15	0.24	-0.63	0.24	21.41	0.20
455	131.54	66.75	-0.69	0.18	-0.28	0.05	20.91	0.04	555	149.61	350.27			0.18	0.19	21.32	0.11
456	131.69	277.73			0.89	0.14	22.26	0.09	556	149.75	298.30	-1.01	0.10	-0.35	0.11	22.55	0.09
457	132.02	236.86	-0.24	0.28	1.32	0.15	21.60	0.07	557	149.78	254.94	-0.92	0.37	0.56	0.33	22.75	0.14
458	132.04	330.91			0.65	0.29	23.45	0.24	558	149.83	214.19	-1.09	0.09	-0.11	0.08	21.03	0.06
459	132.15	228.38	0.60	0.08	-0.06	0.09	21.32	0.06	559	149.89	170.31	-0.50	0.06	-0.06	0.06	21.28	0.04
460	132.52	305.21			0.64	0.20	22.16	0.11	560	149.99	316.46	-0.87	0.21	-0.43	0.15	21.90	0.14
461	133.34	356.25			0.64	0.20	22.16	0.11	561	150.36	294.98			0.51	0.17	22.82	0.12
462	133.43	242.15	-0.37	0.29	-0.29	0.30	23.29	0.25	562	150.43	237.80	-1.30	0.21	-0.31	0.26	23.57	0.21
463	133.86	31.86			-0.45	0.24	22.13	0.15	563	150.44	393.98	-1.27	0.09	-0.27	0.06	20.37	0.04
464	134.14	152.15	-0.44	0.36	-0.17	0.28	23.48	0.24	564	150.45	276.17	-0.81	0.16	0.51	0.13	21.92	0.07
465	134.34	327.11	-0.99	0.09	-0.01	0.07	21.78	0.06	565	150.47	112.39	-0.93	0.08	-0.01	0.08	21.90	0.07
466	134.61	135.97			0.93	0.14	22.14	0.07	566	150.51	363.70			0.59	0.37	21.16	0.18
467	134.72	280.34	-0.78	0.33	-0.35	0.36	23.73	0.33	567	150.70	368.46	-1.42	0.22	-0.77	0.29	22.41	0.25
468	135.02	376.16			-0.21	0.16	22.74	0.13	568	150.93	149.06	-0.92	0.19	-0.05	0.20	23.01	0.16
469	135.04	117.16			1.76	0.23	22.13	0.08	569	151.05	372.92	-0.96	0.19	0.12	0.14	21.01	0.12
470	135.13	389.49	-0.62	0.27	-0.13	0.06	21.38	0.04	570	151.17	242.29	-0.66	0.10	-0.03	0.07	21.33	0.05
471	135.20	188.23			1.08	0.14	21.95	0.06	571	151.71	205.87	-1.40	0.34	1.89	0.26	21.66	0.09
472	135.47	343.15	-0.70	0.30	0.56	0.21	22.85	0.10	572	151.91	183.63	-0.17	0.19	-0.09	0.05	19.87	0.03
473	135.76	161.95	-0.94	0.22	0.02	0.21	2										

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)
601	157.01	279.02	-0.32	0.07	0.53	0.06	18.22	0.05	701	170.85	29.92	---	---	-0.15	0.06	21.73	0.04
602	157.51	330.45	-0.56	0.17	-0.11	0.08	19.85	0.06	702	171.03	356.98	-0.75	0.15	0.14	0.11	20.56	0.08
603	157.59	156.08	---	---	1.24	0.07	20.79	0.04	703	171.15	262.11	---	---	1.26	0.14	21.74	0.07
604	157.63	164.47	0.26	0.37	0.52	0.13	22.34	0.09	704	171.21	226.04	---	---	0.17	0.21	23.23	0.17
605	157.69	412.29	-1.15	0.18	-0.44	0.16	22.69	0.11	705	171.23	42.80	---	---	1.25	0.11	21.93	0.05
606	157.85	341.98	-0.17	0.14	-0.11	0.05	19.21	0.04	706	171.37	248.25	-1.16	0.42	0.75	0.28	23.10	0.16
607	158.01	124.83	-0.89	0.22	-0.39	0.28	23.38	0.25	707	171.52	113.17	---	---	0.30	0.27	23.46	0.18
608	158.18	173.98	-0.12	0.21	0.98	0.09	21.87	0.07	708	171.57	416.64	---	---	1.50	0.17	22.30	0.07
609	158.48	188.08	---	---	0.50	0.19	22.44	0.14	709	171.57	323.00	-0.71	0.07	0.08	0.06	20.68	0.04
610	158.50	216.64	-1.15	0.12	-0.02	0.11	22.07	0.09	710	171.69	67.47	-0.76	0.41	0.45	0.23	23.26	0.17
611	158.81	315.18	-1.25	0.27	-0.10	0.27	22.55	0.23	711	171.78	332.84	0.04	0.23	0.03	0.09	20.99	0.07
612	159.02	237.30	-0.52	0.23	0.20	0.10	21.56	0.07	712	171.81	165.50	-0.64	0.19	-0.04	0.16	22.93	0.12
613	159.06	378.32	-0.76	0.14	-0.35	0.11	21.64	0.09	713	171.92	294.74	-0.63	0.18	-0.30	0.21	22.80	0.18
614	159.28	117.12	-0.74	0.25	-0.44	0.26	23.63	0.23	714	172.18	350.47	-0.79	0.25	-0.14	0.11	20.40	0.08
615	159.30	382.50	-1.24	0.12	-0.34	0.11	21.45	0.08	715	172.49	372.56	-0.57	0.12	-0.17	0.09	20.95	0.07
616	159.32	331.41	-2.09	0.33	-0.09	0.38	21.48	0.27	716	173.91	178.55	-0.34	0.26	-0.12	0.16	22.77	0.13
617	159.35	20.15	---	---	-0.15	0.16	22.95	0.12	717	173.01	258.30	-1.31	0.29	1.03	0.25	22.50	0.16
618	159.37	165.14	-1.08	0.06	-0.23	0.05	20.61	0.04	718	173.02	406.81	-0.75	0.07	-0.03	0.04	19.86	0.03
619	159.49	337.32	-0.70	0.43	0.75	0.19	21.69	0.12	719	173.10	303.78	---	---	0.38	0.34	22.30	0.26
620	159.59	97.66	-1.04	0.08	-0.28	0.12	22.52	0.11	720	173.18	221.22	---	---	1.31	0.14	22.01	0.06
621	159.62	388.08	-1.32	0.11	-0.30	0.13	21.31	0.11	721	173.19	353.41	-0.85	0.24	-0.17	0.20	21.39	0.14
622	159.77	267.28	-1.25	0.09	-0.22	0.10	22.18	0.08	722	173.21	378.98	---	---	-0.66	0.23	22.69	0.20
623	159.77	419.76	---	---	0.23	0.22	23.05	0.13	723	173.55	363.26	-0.47	0.13	0.05	0.06	20.40	0.05
624	159.80	142.10	-1.10	0.25	0.11	0.27	23.39	0.21	724	173.82	175.36	-1.11	0.09	-0.25	0.10	22.11	0.08
625	159.95	415.84	-1.33	0.05	-0.26	0.04	20.41	0.02	725	173.84	331.06	0.04	0.19	0.04	0.08	20.37	0.06
626	159.96	149.81	---	---	0.46	0.21	22.97	0.15	726	173.92	203.29	---	---	1.21	0.16	21.81	0.10
627	160.37	303.98	---	---	1.50	0.10	20.74	0.03	727	174.21	214.10	-0.76	0.10	0.05	0.08	21.87	0.06
628	160.55	392.63	---	---	0.50	0.27	22.32	0.14	728	174.23	158.50	---	---	0.47	0.18	22.78	0.14
629	160.67	403.41	-0.17	0.34	-0.20	0.29	21.96	0.18	729	174.36	108.61	-0.54	0.30	0.28	0.20	23.11	0.14
630	161.36	389.76	-1.88	0.17	-0.33	0.17	21.97	0.12	730	175.14	252.72	---	---	0.83	0.20	22.68	0.11
631	161.38	169.27	-0.45	0.21	-0.38	0.19	23.03	0.17	731	175.34	346.04	-0.13	0.17	-0.04	0.11	19.84	0.08
632	161.45	321.01	---	---	0.06	0.16	22.09	0.11	732	175.82	117.76	-1.03	0.13	0.19	0.13	22.49	0.09
633	161.47	257.35	-1.16	0.17	-0.13	0.18	22.83	0.13	733	175.84	76.63	-0.24	0.30	0.03	0.13	22.89	0.11
634	161.49	134.72	---	---	0.33	0.15	22.11	0.07	734	176.01	196.84	-0.62	0.21	0.13	0.22	22.76	0.17
635	161.72	298.07	---	---	0.21	0.41	23.04	0.31	735	176.13	358.04	-0.69	0.27	-0.63	0.24	22.04	0.15
636	161.92	318.10	-1.26	0.37	0.60	0.21	22.24	0.10	736	176.22	370.21	-0.04	0.14	0.03	0.07	20.10	0.05
637	162.25	161.30	-0.82	0.26	-0.06	0.29	23.38	0.25	737	176.30	287.99	0.05	0.39	0.15	0.27	22.87	0.20
638	162.40	62.70	-0.67	0.08	-0.22	0.10	21.44	0.09	738	176.46	381.41	-0.61	0.54	0.30	0.36	21.46	0.19
639	162.45	92.05	---	---	0.49	0.29	23.01	0.15	739	176.48	104.62	0.03	0.49	1.32	0.16	22.18	0.06
640	162.65	148.60	---	---	0.46	0.13	22.33	0.09	740	176.53	150.87	-0.31	0.50	-0.09	0.33	23.65	0.30
641	162.68	344.52	-0.95	0.18	0.14	0.18	21.70	0.14	741	176.54	38.78	---	---	0.42	0.15	22.76	0.11
642	162.68	246.76	-0.90	0.09	-0.11	0.09	21.72	0.09	742	176.78	367.17	-0.72	0.30	-0.14	0.08	20.43	0.06
643	162.69	96.75	---	---	0.44	0.21	23.00	0.16	743	176.93	317.32	-0.38	0.27	0.12	0.12	21.77	0.07
644	162.75	181.51	-0.15	0.36	-0.43	0.25	23.12	0.22	744	177.00	206.29	0.42	0.40	0.16	0.13	22.24	0.11
645	162.84	156.32	0.09	0.13	1.19	0.06	20.65	0.04	745	177.05	386.91	-1.31	0.14	-0.16	0.11	20.84	0.09
646	162.92	115.68	-0.48	0.33	0.20	0.23	23.24	0.16	746	177.25	98.39	-0.85	0.07	-0.14	0.07	21.87	0.06
647	162.94	334.77	-0.71	0.09	-0.18	0.07	20.22	0.04	747	177.40	179.74	-0.52	0.26	0.30	0.15	22.69	0.11
648	163.06	376.43	-1.50	0.20	-0.66	0.28	22.91	0.24	748	177.42	83.17	-1.21	0.26	0.87	0.19	22.83	0.11
649	163.12	250.61	-0.37	0.14	-0.02	0.08	21.79	0.06	749	177.42	294.88	-0.47	0.14	0.04	0.12	22.18	0.10
650	163.17	333.00	-1.30	0.18	-0.19	0.15	21.92	0.11	750	177.46	350.40	-1.01	0.11	0.74	0.10	19.21	0.07
651	163.46	201.91	-0.76	0.58	0.41	0.30	23.23	0.21	751	177.48	258.72	-0.21	0.68	0.15	0.05	21.03	0.04
652	163.48	327.47	---	---	1.47	0.15	23.05	0.08	752	177.53	341.76	-0.71	0.19	-0.13	0.15	20.59	0.11
653	163.86	401.43	-0.31	0.18	0.04	0.17	21.60	0.09	753	177.65	323.06	-0.86	0.34	-0.47	0.13	23.32	0.23
654	163.89	315.81	-0.48	0.24	0.69	0.14	21.80	0.07	754	177.71	278.64	---	---	0.38	0.31	23.15	0.19
655	164.05	408.27	---	---	-0.06	0.15	22.84	0.13	755	177.74	422.19	-0.04	0.34	-0.14	0.22	23.12	0.18
656	164.29	348.40	---	---	0.45	0.12	20.46	0.07	756	177.80	173.45	---	---	1.88	0.15	21.55	0.05
657	164.52	164.22	0.57	0.43	0.53	0.12	22.17	0.09	757	177.87	18.61	---	---	-0.14	0.12	22.68	0.09
658	164.70	245.91	---	---	0.79	0.34	22.93	0.21	758	177.96	120.21	-0.66	0.21	-0.09	0.17	23.20	0.13
659	164.78	381.36	---	---	-0.57	0.19	22.45	0.16	759	178.03	244.56	-0.58	0.30	0.43	0.21	22.92	0.15
660	164.89	218.47	-0.64	0.29	-0.01	0.25	23.34	0.20	760	178.12	339.16	-0.22	0.24	0.15	0.17	20.18	0.16
661	164.90	328.49	---	---	1.63	0.07	20.01	0.04	761	178.23	432.83	-1.20	0.21	0.09	0.20	23.26	0.17
662	165.15	338.68	-0.43	0.28	0.04	0.14	21.91	0.11	762	178.38	326.33	---	---	0.37	0.28	22.80	0.18
663	165.38	313.32	0.03	0.11	0.00	0.07	20.80	0.05	763	178.45	186.16	-0.54	0.06	-0.08	0.06	21.14	0.05
664	165.42	390.02	-1.41	0.21	-0.35	0.17	21.93	0.09	764	178.50	310.03	-0.17	0.36	-0.06	0.20	22.97	0.15
665	165.52	201.07	0.36	0.54	0.98	0.09	21.53	0.05	765	178.60	217.86	-0.71	0.25	0.03	0.16	22.79	0.12
666	165.65	260.79	---	---	1.00	0.35	23.01	0.17	766	178.79	395.94	-1.96	0.25	0.25	0.25	22.33	0.13
667	165.72	187.29	---	---	-0.28	0.26	23.36	0.23	767	179.22	57.55	---	---	1.70	0.18	21.81	0.08
668	165.80	317.47	-0.68	0.21	-0.20	0.21	22.36	0.18	768	179.57	116.01	-0.79	0.16	-0.07	0.16	22.98	0.12
669	165.87	69.72	-0.97	0.14	-0.28	0.15	22.94	0.12	769	179.59	384.69	-0.80	0.11	-0.13	0.08	19.61	0.06
670	165.91	255.47	-1.21	0.10	-0.18	0.16	22.42	0.14	770	179.79	209.51	-0.37	0.09	0.02	0.08	21.30	0.06
671	166.05	180.33	-0.47	0.24	-0.12	0.15	22.71	0.12	771	179.92	42.52	---	---	0.49	0.14	22.58	0.09
672	166.18	335.50	---	---	1.48	0.28	22.23	0.13	772								

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-R)	S(U-R)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)
801	184.47	331.11	-----	-----	-0.23	0.13	21.64	0.11	901	196.06	182.15	0.76	0.08	1.38	0.05	18.51	0.04
802	184.59	244.28	-0.19	0.09	0.05	0.07	21.56	0.06	902	186.14	165.11	-0.03	0.20	-0.04	0.04	19.48	0.04
803	184.77	312.22	-0.91	0.11	-0.08	0.07	21.43	0.05	903	188.17	197.60	-0.65	0.27	0.03	0.22	23.10	0.19
804	184.78	167.36	-----	-----	0.49	0.41	23.27	0.33	904	196.33	384.97	-0.48	0.19	-0.08	0.14	19.75	0.09
805	184.81	263.67	-----	-----	1.37	0.26	22.53	0.11	905	196.37	208.09	-0.01	0.40	0.16	0.28	23.17	0.22
806	184.90	255.68	-1.00	0.07	0.03	0.10	21.74	0.09	906	196.39	59.07	-0.94	0.16	-0.05	0.15	22.84	0.11
807	184.91	403.02	-1.21	0.21	0.01	0.17	22.04	0.10	907	196.64	305.31	-----	-----	1.03	0.11	21.56	0.06
808	184.95	148.66	-0.71	0.21	-0.15	0.10	22.14	0.08	908	196.76	349.58	-1.41	0.10	-0.26	0.13	22.21	0.11
809	185.39	170.41	-----	-----	-0.28	0.27	23.32	0.23	909	196.96	318.76	-----	-----	0.34	0.29	23.14	0.17
810	185.39	292.58	-1.28	0.14	0.33	0.14	22.20	0.09	910	197.23	86.69	-0.97	0.08	-0.02	0.08	21.96	0.06
811	185.47	360.36	-1.12	0.23	-0.29	0.20	21.61	0.14	911	197.54	202.47	-0.92	0.10	-0.12	0.11	22.00	0.09
812	185.58	212.31	-0.82	0.10	-0.17	0.11	22.18	0.10	912	197.72	358.83	-----	-----	-0.62	0.41	23.19	0.37
813	185.78	279.87	-0.23	0.07	-0.06	0.06	20.52	0.05	913	197.81	356.95	-1.20	0.48	0.68	0.45	22.60	0.23
814	185.79	352.87	-1.25	0.11	-0.21	0.10	20.51	0.07	914	198.13	226.01	-----	-----	1.58	0.14	21.75	0.08
815	185.83	187.71	-0.50	0.17	0.70	0.24	21.77	0.20	915	198.15	101.79	-----	-----	0.37	0.47	21.42	0.36
816	185.89	8.92	-----	-----	1.69	0.19	21.84	0.09	916	198.26	221.43	-0.34	0.37	0.11	0.27	23.41	0.24
817	185.92	342.52	-0.49	0.26	-0.28	0.12	22.08	0.10	917	198.31	172.46	-----	-----	0.23	0.32	23.20	0.20
818	185.99	207.39	-0.62	0.07	-0.22	0.08	21.54	0.07	918	198.56	274.05	-0.60	0.36	-0.27	0.35	23.68	0.34
819	186.05	134.03	-0.61	0.20	0.36	0.17	22.67	0.13	919	198.79	314.85	-1.40	0.26	0.26	0.26	23.09	0.15
820	186.15	308.30	-----	-----	0.07	0.13	21.82	0.07	920	199.11	269.04	-1.15	0.17	-0.31	0.22	23.24	0.19
821	186.25	23.32	-----	-----	0.33	0.19	23.24	0.14	921	199.12	142.60	0.85	0.20	1.21	0.06	20.61	0.04
822	186.62	372.13	-0.91	0.22	-0.33	0.16	21.57	0.13	922	199.18	410.60	-1.20	0.09	-0.13	0.09	21.76	0.06
823	186.85	223.73	-0.95	0.21	0.09	0.21	22.78	0.16	923	199.29	47.43	0.03	0.27	0.39	0.12	22.23	0.06
824	186.95	7.03	-----	-----	1.35	0.21	22.43	0.14	924	199.38	230.26	-1.40	0.19	0.40	0.21	22.87	0.14
825	187.19	193.49	-1.09	0.12	0.34	0.14	22.17	0.11	925	199.55	379.78	-0.77	0.26	-0.16	0.12	22.04	0.09
826	187.21	145.98	-0.82	0.27	-0.11	0.12	22.62	0.09	926	199.56	321.51	-1.02	0.22	-0.15	0.13	22.41	0.09
827	187.26	348.01	-----	-----	-0.06	0.24	22.82	0.20	927	199.66	234.41	-0.33	0.23	0.16	0.13	22.37	0.10
828	187.43	479.10	-----	-----	0.55	0.16	22.89	0.12	928	199.71	164.89	-----	-----	0.52	0.52	23.08	0.42
829	187.44	324.59	-0.69	0.16	-0.16	0.12	21.75	0.10	929	199.91	151.74	0.02	0.06	0.21	0.06	20.32	0.05
830	187.53	241.72	-0.24	0.13	1.13	0.08	21.18	0.04	930	200.08	129.54	-0.15	0.06	0.55	0.05	20.48	0.04
831	187.60	189.30	0.38	0.14	1.08	0.09	20.50	0.06	931	200.10	375.97	-1.28	0.14	-0.34	0.15	20.77	0.12
832	187.67	306.54	-----	-----	0.44	0.39	23.24	0.23	932	200.11	422.28	-1.15	0.19	0.09	0.23	22.23	0.16
833	187.70	317.28	-----	-----	-0.25	0.24	23.22	0.19	933	200.29	105.85	1.40	0.23	1.14	0.11	16.53	0.10
834	187.92	403.24	-1.80	0.15	0.00	0.16	22.18	0.11	934	200.43	396.35	-----	-----	1.59	0.48	22.05	0.17
835	187.97	90.10	-0.83	0.38	0.01	0.35	23.69	0.29	935	200.47	209.28	0.74	0.48	1.25	0.16	21.66	0.07
836	188.04	203.02	-----	-----	0.45	0.25	22.99	0.18	936	200.56	89.72	-0.30	0.14	-0.18	0.14	22.80	0.12
837	188.11	357.85	-1.14	0.09	-0.22	0.08	19.63	0.05	937	200.78	330.41	-1.00	0.10	-0.30	0.10	21.96	0.07
838	188.22	311.20	-----	-----	1.15	0.17	21.95	0.08	938	200.94	204.15	-0.46	0.07	-0.20	0.07	21.12	0.06
839	188.25	443.19	-----	-----	0.48	0.21	23.25	0.17	939	200.94	332.95	-1.12	0.12	-0.11	0.09	20.17	0.05
840	188.32	160.40	-----	-----	0.23	0.14	21.99	0.10	940	201.23	35.58	-----	-----	0.06	0.24	22.93	0.13
841	188.49	156.84	-0.06	0.19	-0.12	0.05	20.24	0.04	941	201.37	467.82	-----	-----	1.64	0.14	21.90	0.07
842	188.52	265.93	-----	-----	1.01	0.15	21.94	0.08	942	201.54	238.81	-0.65	0.15	0.11	0.14	22.49	0.10
843	188.58	225.99	-0.87	0.18	-0.23	0.19	22.77	0.16	943	201.61	337.99	-0.60	0.16	0.25	0.16	21.78	0.14
844	188.69	182.97	-1.34	0.20	0.16	0.31	22.92	0.26	944	201.84	136.98	-0.84	0.36	0.58	0.23	22.91	0.14
845	188.70	263.53	-----	-----	0.10	0.20	22.82	0.16	945	201.87	133.34	-0.81	0.35	-0.19	0.10	22.05	0.08
846	188.83	400.61	-----	-----	-0.27	0.17	22.18	0.12	946	202.00	215.55	-0.47	0.23	0.41	0.15	22.79	0.12
847	188.91	329.76	-0.51	0.09	-0.01	0.07	20.30	0.04	947	202.09	177.42	-0.32	0.21	-0.05	0.16	22.59	0.11
848	188.95	785.61	-0.91	0.23	-0.02	0.20	20.60	0.14	948	202.26	430.66	-0.99	0.12	-0.45	0.21	22.66	0.20
849	189.20	96.90	-----	-----	0.13	0.46	23.77	0.32	949	202.35	189.78	-0.35	0.54	-0.30	0.38	23.89	0.33
850	189.21	381.91	-0.36	0.12	-0.07	0.08	18.63	0.06	950	202.39	194.12	-0.48	0.09	-0.06	0.07	21.48	0.05
851	190.10	408.00	-0.82	0.31	-0.20	0.19	22.69	0.12	951	202.44	117.56	-----	-----	0.53	0.21	22.66	0.16
852	190.17	214.48	-0.05	0.06	0.31	0.04	20.41	0.03	952	202.45	422.30	-----	-----	0.56	0.23	21.38	0.14
853	190.17	167.26	-1.06	0.44	-0.93	0.34	23.23	0.27	953	202.56	401.05	-----	-----	0.57	0.30	22.59	0.23
854	190.20	373.40	-1.13	0.19	-0.23	0.09	19.84	0.06	954	202.59	348.33	-0.45	0.21	-0.09	0.08	20.58	0.06
855	190.33	335.97	-0.32	0.45	-0.29	0.27	22.79	0.24	955	202.82	342.46	-1.40	0.09	-0.47	0.12	22.15	0.10
856	190.45	341.94	-0.82	0.18	-0.38	0.12	22.09	0.11	956	203.05	163.45	-1.19	0.11	-0.37	0.17	22.29	0.14
857	190.84	345.42	-0.23	0.13	0.27	0.06	20.56	0.04	957	203.06	130.82	-----	-----	0.40	0.18	21.49	0.07
858	190.91	279.44	-----	-----	-0.11	0.37	23.40	0.30	958	203.53	425.87	-----	-----	0.47	0.23	23.20	0.17
859	190.94	376.88	-----	-----	-1.75	0.52	22.64	0.50	959	203.57	39.84	-----	-----	0.47	0.23	23.20	0.17
860	191.04	103.43	-----	-----	0.23	0.30	22.66	0.19	960	203.61	490.40	0.65	0.24	0.85	0.06	18.53	0.05
861	191.12	325.65	-0.41	0.18	-0.19	0.05	20.25	0.04	961	203.83	418.80	-----	-----	0.26	0.14	20.51	0.08
862	191.16	258.29	-0.97	0.10	0.49	0.10	21.34	0.07	962	203.90	73.97	-0.09	0.05	0.21	0.04	20.15	0.03
863	191.28	166.09	-0.40	0.49	1.03	0.38	22.62	0.20	963	203.98	456.27	-----	-----	0.37	0.28	23.43	0.21
864	191.31	360.10	-----	-----	-0.05	0.20	21.70	0.13	964	204.14	470.06	-0.08	0.35	1.55	0.10	21.57	0.06
865	191.48	398.02	-1.20	0.13	-0.24	0.10	20.66	0.06	965	204.26	292.82	-0.15	0.39	-0.41	0.36	23.77	0.32
866	191.70	389.78	-1.09	0.16	-0.41	0.11	20.46	0.07	966	204.39	415.16	-----	-----	-0.34	0.12	19.93	0.08
867	192.20	36.99	-----	-----	1.21	0.16	22.08	0.09	967	204.46	279.13	-0.89	0.20	0.05	0.18	22.65	0.11
868	192.36	394.12	-0.72	0.14	-0.23	0.10	20.26	0.05	968	204.49	248.24	-0.30	0.08	0.14	0.05	21.22	0.04
869	192.56	330.51	-0.39	0.28	0.01	0.15	21.99	3.11	969	204.49	158.11	-----	-----	0.98	0.27	22.12	0.20
870	192.65	91.59	-0.28	0.21	0.49	0.11	22.17	0.07	970	204.50	463.96	-----	-----	-0.03	0.33	23.80	0.19
871	192.66	201.57	-----	-----	0.16	0.16	22.21	0.14	971	204.55	310.48	-0.43	0.31	0.44	0.16	22.46	0.10
872	192.68	215.86	-----	-----	0.10												

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	
1001	208.25	367.94	-1.27	0.05	-0.20	0.05	20.84	0.05	1101	221.24	24.17	---	---	0.61	0.18	15.94	0.18	
1002	208.26	306.37	0.04	0.40	0.08	0.15	22.51	0.12	1102	221.41	443.72	-1.28	0.11	-0.24	0.11	22.28	0.09	
1003	208.30	301.29	-0.92	0.19	0.49	0.18	22.62	0.12	1103	221.50	453.40	-1.25	0.14	-0.27	0.17	23.00	0.14	
1004	208.32	126.01	-0.96	0.27	0.52	0.25	22.25	0.09	1104	221.61	350.08	-0.49	0.45	-0.09	0.33	23.34	0.25	
1005	208.35	274.06	0.01	0.52	-0.01	0.15	22.75	0.12	1105	222.13	347.78	-1.51	0.20	-0.13	0.25	23.02	0.20	
1006	208.36	168.52	---	---	---	0.98	0.10	21.20	0.04	1106	222.15	265.65	-0.74	0.13	0.35	0.11	21.75	0.08
1007	208.74	174.94	6.05	0.22	0.02	0.04	19.45	0.03	1107	222.52	427.91	-1.05	0.15	-0.22	0.11	21.76	0.08	
1008	208.89	331.00	-0.38	0.10	-0.14	0.07	21.36	0.05	1108	222.64	223.27	-0.81	0.40	0.64	0.42	23.15	0.36	
1009	209.26	248.72	-0.31	0.38	0.03	0.23	23.08	0.15	1109	222.95	58.89	---	---	0.31	0.19	23.06	0.14	
1010	209.30	322.13	-1.04	0.16	-0.13	0.14	22.25	0.09	1110	223.04	82.79	-0.79	0.20	-0.21	0.15	22.86	0.12	
1011	209.44	264.90	-1.20	0.11	-0.29	0.14	22.59	0.11	1111	223.07	152.89	-1.18	0.15	0.15	0.15	22.55	0.10	
1012	209.49	362.62	-0.36	0.32	-0.21	0.17	22.76	0.14	1112	223.26	353.87	-1.21	0.09	-0.15	0.10	22.15	0.08	
1013	209.59	359.55	-1.34	0.25	-0.89	0.44	23.94	0.41	1113	223.40	379.39	-1.08	0.14	-0.38	0.16	22.21	0.12	
1014	209.65	231.55	-0.43	0.10	0.10	0.06	21.21	0.05	1114	223.54	345.66	---	---	-0.16	0.29	23.33	0.21	
1015	209.73	88.80	-0.45	0.22	0.24	0.13	22.27	0.09	1115	223.61	287.86	-0.35	0.45	1.14	0.21	21.05	0.13	
1016	209.94	405.70	-1.65	0.25	0.95	0.25	21.99	0.09	1116	223.91	324.58	-0.14	0.24	0.93	0.11	21.59	0.06	
1017	209.99	376.86	-1.66	0.16	-0.37	0.17	22.37	0.12	1117	224.35	450.07	-0.33	0.35	0.10	0.18	22.50	0.11	
1018	210.12	440.70	-1.27	0.06	-0.19	0.06	21.49	0.05	1118	224.41	415.22	-1.00	0.18	-0.14	0.14	21.71	0.08	
1019	210.49	355.34	---	---	-0.13	0.21	22.85	0.16	1119	224.68	403.03	-1.01	0.12	-0.23	0.11	22.59	0.09	
1020	210.57	353.44	-1.05	0.22	-0.22	0.23	23.03	0.18	1120	224.71	48.76	-1.18	0.16	0.00	0.15	22.72	0.11	
1021	210.76	94.67	-0.88	0.10	-0.10	0.08	21.79	0.06	1121	224.84	437.22	-0.74	0.17	-0.05	0.10	21.52	0.07	
1022	210.85	298.96	-0.90	0.19	0.08	0.22	23.00	0.17	1122	225.03	222.95	0.17	0.12	0.15	0.07	21.35	0.05	
1023	211.19	164.62	-1.39	0.16	-0.39	0.24	23.32	0.20	1123	225.21	302.43	---	---	0.85	0.13	21.42	0.09	
1024	211.49	63.14	-1.35	0.11	-0.33	0.24	22.72	0.22	1124	225.26	388.99	-1.08	0.14	-0.39	0.22	22.74	0.21	
1025	211.60	195.99	-0.92	0.24	1.10	0.15	22.43	0.09	1125	225.39	99.92	---	---	0.47	0.41	23.45	0.23	
1026	211.82	284.99	---	---	---	0.34	23.42	0.29	1126	225.51	424.53	-0.66	0.38	0.00	0.11	21.52	0.08	
1027	211.95	347.75	---	---	0.21	0.25	22.88	0.14	1127	225.53	85.69	-0.72	0.18	-0.32	0.12	22.67	0.10	
1028	211.99	53.41	-1.29	0.15	0.03	0.15	22.97	0.12	1128	225.89	9.39	---	---	0.56	0.26	22.81	0.22	
1029	212.03	293.50	-0.46	0.07	-0.09	0.06	21.10	0.04	1129	225.95	51.15	-0.92	0.11	0.01	0.09	22.08	0.07	
1030	212.19	91.56	0.17	0.33	0.07	0.13	22.22	0.10	1130	226.13	182.48	-0.10	0.37	0.02	0.23	23.22	0.20	
1031	212.40	125.43	---	---	0.30	0.27	22.89	0.23	1131	226.25	43.91	-0.54	0.38	-0.40	0.21	23.55	0.22	
1032	212.83	402.66	-0.63	0.15	0.72	0.09	21.10	0.06	1132	226.30	418.26	0.65	0.20	0.03	0.05	19.24	0.03	
1033	213.25	127.51	-0.51	0.19	-0.11	0.21	22.72	0.18	1133	226.30	133.39	-0.79	0.10	0.13	0.08	21.90	0.06	
1034	213.45	419.07	-1.33	0.17	-0.05	0.15	22.54	0.13	1134	226.32	156.14	-0.46	0.24	0.06	0.17	22.85	0.13	
1035	213.60	162.74	-1.03	0.22	0.30	0.19	22.89	0.13	1135	226.50	117.00	-0.89	0.09	-0.17	0.09	22.29	0.07	
1036	213.61	363.28	-0.91	0.26	0.23	0.18	22.72	0.13	1136	226.58	130.25	-0.85	0.13	-0.24	0.12	22.54	0.09	
1037	213.63	243.42	0.08	0.14	-0.11	0.09	21.66	0.07	1137	226.68	335.63	0.26	0.22	0.39	0.11	21.18	0.06	
1038	214.04	422.33	-1.19	0.28	0.90	0.22	19.77	0.04	1138	226.87	275.60	-0.15	0.10	0.10	0.06	21.35	0.04	
1039	214.22	339.50	-1.12	0.29	-0.15	0.35	23.61	0.28	1139	226.89	456.34	-1.20	0.17	-0.22	0.14	22.25	0.11	
1040	214.35	205.88	-0.81	0.10	0.02	0.09	22.05	0.07	1140	227.14	296.63	---	---	0.32	0.23	22.96	0.16	
1041	214.37	71.01	-0.64	0.22	-0.93	0.25	20.49	0.18	1141	227.24	102.90	-1.10	0.22	-0.21	0.21	23.16	0.17	
1042	214.43	254.46	-0.89	0.32	0.11	0.30	23.26	0.22	1142	227.28	215.65	---	---	0.82	0.24	22.69	0.14	
1043	214.50	418.83	-1.36	0.16	-0.15	0.14	21.80	0.09	1143	227.35	237.03	-0.72	0.11	-0.06	0.13	21.94	0.10	
1044	214.82	158.28	---	---	0.14	0.29	23.58	0.25	1144	227.40	69.80	---	---	0.30	0.24	22.92	0.15	
1045	214.88	249.24	-0.99	0.21	-0.71	0.29	23.47	0.25	1145	227.46	36.30	-0.82	0.09	-0.09	0.05	20.86	0.03	
1046	214.89	428.43	-2.04	0.34	0.90	0.30	22.66	0.14	1146	227.53	262.28	-1.25	0.06	-0.07	0.07	21.27	0.06	
1047	215.05	384.01	-0.96	0.09	-0.13	0.10	20.99	0.08	1147	227.70	138.60	-0.55	0.27	-0.07	0.11	22.46	0.09	
1048	215.10	354.47	-1.05	0.26	-0.43	0.32	23.29	0.26	1148	227.77	233.21	0.09	0.19	0.79	0.11	21.36	0.07	
1049	215.13	191.40	-0.82	0.12	-0.11	0.14	22.85	0.12	1149	228.94	347.07	-0.14	0.13	0.06	0.07	20.97	0.05	
1050	215.34	291.42	---	---	0.78	0.36	22.70	0.20	1150	228.10	223.71	-1.07	0.20	0.37	0.20	22.71	0.15	
1051	215.43	108.89	-1.22	0.11	-0.14	0.12	22.49	0.10	1151	228.11	450.45	---	---	0.59	0.24	23.44	0.16	
1052	215.50	308.72	-0.28	0.24	-0.03	0.17	22.71	0.13	1152	228.72	574.62	-0.62	0.11	1.10	0.66	26.85	0.68	
1053	215.53	327.83	-1.31	0.21	-0.71	0.38	23.85	0.34	1153	228.74	305.05	-0.73	0.13	0.02	0.14	21.62	0.12	
1054	215.64	102.15	-0.92	0.09	-0.16	0.07	21.32	0.05	1154	228.85	146.75	-1.45	0.20	-0.32	0.24	23.40	0.23	
1055	215.65	91.66	-1.08	0.07	-0.30	0.07	21.63	0.06	1155	229.21	257.60	-0.59	0.17	-0.69	0.19	22.85	0.18	
1056	215.67	11.49	---	---	1.36	0.34	22.39	0.30	1156	229.47	209.15	0.64	0.21	-0.09	0.13	22.35	0.11	
1057	215.94	389.00	0.72	0.28	-0.26	0.29	22.89	0.25	1157	229.47	345.12	-0.78	0.17	-0.33	0.16	22.17	0.13	
1058	216.04	311.63	-0.33	0.23	-0.02	0.19	22.73	0.14	1158	229.58	350.97	---	---	0.95	0.13	21.74	0.07	
1059	216.25	360.03	-0.95	0.26	-0.26	0.25	23.18	0.21	1159	229.65	471.28	-1.31	0.07	-0.04	0.07	21.02	0.06	
1060	216.46	408.42	---	---	-0.21	0.40	23.63	0.33	1160	229.69	93.02	---	---	---	---	---	---	
1061	216.61	113.68	-0.64	0.08	-0.14	0.07	21.59	0.06	1161	229.70	220.30	-0.29	0.17	0.31	0.14	22.06	0.11	
1062	216.82	95.80	-0.87	0.13	-0.15	0.09	21.69	0.07	1162	229.79	268.44	---	---	-0.03	0.34	23.59	0.31	
1063	216.99	220.37	---	---	0.75	0.20	22.85	0.13	1163	229.94	129.36	-0.88	0.26	-0.16	0.21	23.35	0.16	
1064	217.35	216.86	0.28	0.49	0.54	0.15	22.53	0.10	1164	230.10	286.13	-0.16	0.13	-0.43	0.27	17.89	0.25	
1065	217.47	317.35	-0.00	0.08	0.24	0.05	20.99	0.04	1165	230.34	212.60	0.64	0.21	0.29	0.13	22.23	0.10	
1066	217.56	411.22	-0.84	0.40	-0.46	0.24	23.24	0.20	1166	230.36	229.11	-0.86	0.16	-0.06	0.15	22.46	0.12	
1067	217.62	70.39	-1.15	0.20	-0.20	0.18	20.25	0.11	1167	230.53	428.77	---	---	0.71	0.19	22.29	0.11	
1068	217.68	259.72	---	---	0.74	0.33	23.00	0.17	1168	230.65	226.08	-0.27	0.25	0.05	0.18	22.60	0.14	
1069	217.91	147.09	-0.82	0.15	0.31	0.15	22.49	0.12	1169	230.70	79.56	-0.94	0.14	-0.54	0.16	23.14	0.15	
1070	218.06	245.37	---	---	1.51	0.13	21.24	0.05	1170	230.71	272.00	---	---	0.79	0.25	22.97	0.15	
1071	218.16	163.80	-0.80															

Tabla A.2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)
1201	233.55	44.65	-0.53	0.31	-0.23	0.19	23.16	0.16	1301	246.60	142.55	---	---	0.42	0.20	23.10	0.12
1202	233.76	429.57	-1.20	0.12	0.01	0.13	22.10	0.10	1302	246.64	54.09	---	---	-0.49	0.29	23.49	0.26
1203	234.18	102.96	-1.30	0.06	-0.14	0.07	21.89	0.06	1303	246.70	232.85	-1.14	0.15	-0.00	0.16	22.67	0.11
1204	234.24	257.92	-1.11	0.33	0.44	0.32	23.11	0.25	1304	246.71	302.42	-1.05	0.14	-0.23	0.16	22.52	0.14
1205	234.26	277.30	-0.06	0.08	0.29	0.07	20.80	0.04	1305	246.78	23.63	---	---	0.07	0.24	23.22	0.17
1206	234.33	301.32	---	---	1.99	0.20	21.79	0.15	1306	246.84	487.17	-1.70	0.25	0.20	0.31	22.82	0.23
1207	234.46	18.69	---	---	0.19	0.20	23.12	0.14	1307	247.09	336.69	-1.58	0.13	-0.04	0.19	22.65	0.15
1208	234.98	464.02	-0.83	0.10	-0.10	0.15	20.55	0.04	1308	247.49	319.32	---	---	-0.20	0.24	23.00	0.21
1209	235.07	305.43	0.02	0.10	0.20	0.06	19.26	0.04	1309	247.50	361.67	---	---	-0.25	0.34	23.41	0.29
1210	235.39	245.88	---	---	1.79	0.15	21.38	0.05	1310	247.60	458.48	---	---	-0.28	0.29	23.49	0.25
1211	235.79	330.57	-0.33	0.16	-0.02	0.14	21.99	0.10	1311	247.71	183.32	-0.77	0.13	-0.07	0.10	22.11	0.08
1212	235.80	410.74	---	---	1.72	0.32	22.06	0.09	1312	247.77	352.09	-1.44	0.22	0.32	0.25	22.97	0.18
1213	235.88	85.90	-1.36	0.11	-0.38	0.12	22.16	0.09	1313	247.78	98.34	---	---	-0.51	0.38	23.06	0.34
1214	235.88	270.11	-0.63	0.25	-0.24	0.21	23.03	0.18	1314	247.85	484.67	-1.27	0.35	0.53	0.36	22.67	0.24
1215	236.14	454.90	-1.13	0.08	-0.33	0.09	21.89	0.07	1315	247.87	175.45	-0.41	0.29	1.25	0.13	21.73	0.05
1216	236.19	139.96	0.74	0.43	0.46	0.14	22.43	0.09	1316	248.02	164.07	0.20	0.54	0.21	0.23	23.16	0.16
1217	236.21	226.81	---	---	0.62	0.23	22.71	0.13	1317	248.07	325.53	---	---	1.01	0.32	22.80	0.20
1218	236.22	400.35	---	---	0.09	0.27	23.12	0.08	1318	248.07	250.51	-0.25	0.30	0.74	0.17	22.38	0.10
1219	236.36	241.79	---	---	1.17	0.16	22.00	0.16	1319	248.08	245.12	---	---	1.07	0.10	21.52	0.05
1220	236.43	214.99	---	---	-0.08	0.22	23.11	0.17	1320	248.21	329.76	-1.09	0.15	-0.61	0.25	23.03	0.23
1221	236.71	193.31	-0.30	0.07	0.00	0.05	20.27	0.04	1321	248.37	410.27	---	---	0.88	0.28	22.99	0.14
1222	236.76	74.53	-0.12	0.30	0.15	0.15	22.42	0.10	1322	248.60	261.53	0.19	0.14	0.48	0.08	20.96	0.05
1223	236.82	114.63	-1.00	0.09	-0.02	0.09	21.98	0.07	1323	248.60	220.20	-0.40	0.09	-0.06	0.08	21.60	0.06
1224	236.92	180.01	-1.23	0.05	-0.09	0.05	21.17	0.04	1324	248.61	68.53	-0.72	0.18	-0.08	0.16	22.28	0.14
1225	236.98	314.17	-1.26	0.15	0.22	0.19	22.72	0.16	1325	248.66	423.33	0.42	0.17	0.22	0.09	18.50	0.01
1226	237.19	295.91	-0.56	0.43	0.68	0.16	22.18	0.12	1326	248.77	390.92	-0.91	0.17	1.20	0.19	21.14	0.15
1227	237.20	106.81	-1.03	0.18	0.01	0.18	22.89	0.14	1327	248.80	179.78	---	---	0.27	0.27	23.06	0.22
1228	237.29	238.80	-0.42	0.49	0.37	0.26	23.16	0.18	1328	248.80	235.18	-0.94	0.23	0.06	0.22	23.00	0.16
1229	237.32	289.55	-0.39	0.44	0.00	0.34	23.18	0.25	1329	248.81	66.46	-1.16	0.22	-0.41	0.35	23.13	0.32
1230	237.43	102.95	---	---	0.15	0.26	23.09	0.15	1330	248.85	371.68	-1.00	0.10	0.02	0.05	21.75	0.07
1231	237.44	358.78	-0.50	0.36	0.14	0.25	23.05	0.17	1331	248.87	308.34	-0.55	0.11	-0.15	0.11	22.33	0.08
1232	237.60	188.36	-1.08	0.09	-0.07	0.09	21.45	0.07	1332	248.92	340.26	---	---	0.38	0.34	23.16	0.19
1233	237.78	267.66	---	---	0.84	0.29	22.98	0.22	1333	249.04	355.59	-1.06	0.07	-0.08	0.08	21.56	0.07
1234	237.80	424.00	---	---	0.39	0.29	23.07	0.19	1334	249.05	358.34	---	---	0.79	0.23	22.57	0.13
1235	238.32	486.52	-1.22	0.16	-0.13	0.20	22.19	0.15	1335	249.24	241.37	-0.92	0.15	0.03	0.12	22.29	0.09
1236	238.37	60.19	-1.15	0.07	0.01	0.06	20.64	0.04	1336	249.27	282.75	-0.44	0.22	0.93	0.17	20.31	0.11
1237	238.62	215.40	-1.08	0.20	0.26	0.18	22.78	0.13	1337	249.38	393.73	-1.22	0.69	0.36	0.10	21.22	0.08
1238	238.70	366.39	-0.63	0.14	0.66	0.10	21.60	0.06	1338	249.45	275.26	-1.12	0.27	-0.78	0.46	23.92	0.44
1239	238.78	274.51	---	---	0.00	0.30	22.14	0.23	1339	249.55	480.44	-0.75	0.27	1.40	0.23	21.49	0.10
1240	238.84	144.40	---	---	1.01	0.18	22.21	0.09	1340	249.57	185.77	-0.97	0.27	-0.17	0.27	23.38	0.22
1241	238.84	109.38	-0.78	0.18	0.28	0.14	22.46	0.10	1341	249.66	48.22	-0.67	0.17	-0.05	0.14	22.65	0.11
1242	238.90	230.42	-1.30	0.10	-0.07	0.11	22.35	0.09	1342	249.85	266.02	-0.28	0.09	-0.15	0.10	21.51	0.08
1243	239.14	326.70	---	---	0.25	0.36	23.41	0.27	1343	250.02	54.87	---	---	-0.21	0.28	23.24	0.24
1244	239.36	332.97	-0.97	0.27	0.00	0.26	23.02	0.18	1344	250.63	201.47	-0.52	0.30	0.04	0.13	22.90	0.14
1245	239.48	446.07	---	---	0.65	0.21	22.94	0.13	1345	250.76	417.56	---	---	-0.29	0.35	23.14	0.19
1246	239.48	73.92	-0.99	0.25	-0.30	0.25	23.29	0.21	1346	251.05	154.34	-0.23	0.10	0.34	0.09	20.38	0.04
1247	239.71	113.10	-1.15	0.12	-0.50	0.20	22.94	0.18	1347	251.40	273.91	-0.26	0.51	0.30	0.29	23.23	0.24
1248	239.73	316.74	-0.86	0.20	-0.10	0.24	23.02	0.21	1348	251.53	445.44	---	---	-0.24	0.30	23.51	0.19
1249	239.91	94.45	---	---	-0.39	0.31	23.44	0.27	1349	251.65	95.34	-0.46	0.19	0.57	0.10	21.98	0.06
1250	240.04	126.19	-0.84	0.06	-0.12	0.05	21.13	0.04	1350	251.73	197.82	-0.85	0.15	-0.24	0.14	22.55	0.12
1251	240.08	251.82	-0.64	0.09	0.19	0.07	21.31	0.05	1351	251.84	253.98	---	---	0.52	0.19	22.60	0.13
1252	240.12	359.51	---	---	0.34	0.37	23.25	0.25	1352	251.85	376.55	-0.56	0.05	0.55	0.04	19.77	0.03
1253	240.39	141.89	-0.93	0.07	-0.14	0.09	21.85	0.06	1353	251.89	457.74	-1.13	0.09	0.17	0.07	21.19	0.05
1254	240.52	234.62	-0.16	0.52	0.13	0.23	23.18	0.17	1354	251.93	132.25	-0.27	0.13	0.09	0.11	22.07	0.07
1255	240.54	262.33	-0.69	0.15	-0.08	0.16	22.62	0.14	1355	251.99	227.95	0.15	0.09	0.80	0.05	20.31	0.03
1256	240.70	476.45	-0.69	0.14	0.46	0.15	20.94	0.11	1356	252.00	406.05	-1.41	0.13	-0.34	0.21	23.24	0.18
1257	240.74	27.61	---	---	0.97	0.22	22.75	0.11	1357	252.26	435.34	---	---	1.07	0.15	21.97	0.05
1258	240.84	92.35	---	---	0.37	0.15	22.48	0.13	1358	252.29	314.08	---	---	0.75	0.41	22.95	0.36
1259	240.89	300.64	-0.43	0.51	0.69	0.13	21.56	0.09	1359	252.45	244.85	-0.79	0.13	0.11	0.12	22.29	0.09
1260	241.25	444.30	-0.39	0.18	-0.61	0.13	22.46	0.10	1360	252.53	110.92	---	---	0.47	0.23	22.93	0.18
1261	241.45	200.69	-0.58	0.53	0.21	0.30	23.33	0.28	1361	252.65	91.60	-0.64	0.22	-0.31	0.16	22.66	0.11
1262	241.49	193.56	-0.76	0.06	-0.08	0.05	23.67	0.04	1362	252.71	182.81	-0.96	0.13	-0.21	0.13	22.59	0.11
1263	241.73	65.43	-1.18	0.14	-0.37	0.15	22.76	0.14	1363	252.86	298.23	0.01	0.28	0.37	0.17	22.12	0.10
1264	241.88	485.02	-1.20	0.09	-0.06	0.11	21.12	0.08	1364	252.87	68.50	---	---	-0.21	0.24	23.38	0.20
1265	242.10	491.61	-0.67	0.14	0.12	0.16	21.49	0.13	1365	253.22	327.86	-0.43	0.07	0.01	0.06	20.91	0.04
1266	242.10	376.77	---	---	1.03	0.16	21.74	0.08	1366	253.37	160.28	-0.20	0.30	0.09	0.15	22.42	0.12
1267	242.17	425.27	---	---	0.79	0.29	22.40	0.13	1367	253.47	467.28	-1.16	0.09	-0.07	0.10	21.22	0.07
1268	242.44	371.22	---	---	1.08	0.29	22.52	0.14	1368	253.50	293.14	---	---	1.37	0.08	20.66	0.04
1269	242.51	78.53	-0.89	0.19	-0.50	0.25	23.10	0.22	1369	253.52	217.61	-0.64	0.06	0.02	0.05	20.39	0.04
1270	242.70	361.96	-0.93	0.20	-0.25	0.23	23.17	0.20	1370	253.57	52.73	-1.10	0.13	-0.77	0.24	23.34	0.22
1271	243.14	285.56	---	---	0.94	0.13	21.80	0.07	1371	253.67	99.66	---	---	-0.27	0.41	23.77	0.35

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-R)	S(U-R)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-R)	S(U-R)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)
1401	258.08	183.30	-----	-----	1.17	0.14	22.01	0.07	1501	274.23	161.33	-0.81	0.17	-0.36	0.26	23.17	0.16
1402	258.08	264.12	-----	-----	0.38	0.37	23.32	0.28	1502	274.46	145.28	0.14	0.49	0.02	0.23	23.17	0.21
1403	258.24	318.00	-0.22	0.13	-0.04	0.08	21.28	0.06	1503	274.76	6.21	-----	-----	0.61	0.24	22.79	0.11
1404	258.38	151.15	-1.03	0.24	0.17	0.25	23.36	0.21	1504	274.95	413.02	-1.02	0.29	-0.23	0.21	23.18	0.14
1405	258.36	123.83	0.20	0.08	0.16	0.05	20.48	0.03	1505	274.85	286.57	-0.27	0.43	-0.34	0.34	23.47	0.30
1406	258.74	397.12	-----	-----	0.01	0.23	22.90	0.15	1506	274.98	307.47	-0.99	0.08	-0.21	0.09	21.79	0.08
1407	258.83	245.32	-----	-----	0.44	0.10	21.48	0.08	1507	274.98	294.46	-1.28	0.12	-0.41	0.18	22.73	0.16
1408	259.17	129.47	0.01	0.23	0.13	0.06	20.77	0.04	1508	275.09	278.84	-----	-----	-0.06	0.22	22.66	0.18
1409	259.45	304.19	-----	-----	-0.31	0.39	23.19	0.26	1509	275.12	400.71	-1.07	0.27	-0.02	0.26	23.19	0.19
1410	259.63	491.32	-1.38	0.23	-0.10	0.24	21.31	0.16	1510	275.42	222.87	-1.13	0.33	0.58	0.27	23.07	0.17
1411	259.71	78.29	-1.20	0.10	-0.33	0.16	22.41	0.14	1511	275.58	312.63	-0.18	0.35	0.64	0.13	21.75	0.08
1412	259.88	402.11	-1.18	0.34	-0.12	0.31	23.38	0.24	1512	275.93	83.01	-1.64	0.19	-0.22	0.12	21.72	0.08
1413	259.95	33.16	-----	-----	-0.31	0.17	22.90	0.14	1513	275.98	261.21	-----	-----	1.14	0.29	22.46	0.15
1414	260.05	46.38	-0.10	0.55	0.31	0.26	23.31	0.16	1514	276.04	16.60	-----	-----	-0.34	0.12	22.52	0.10
1415	260.36	311.33	0.07	0.09	0.03	0.06	19.47	0.05	1515	276.05	209.09	-0.53	0.13	-0.25	0.13	22.25	0.11
1416	260.38	493.49	-0.46	0.18	-0.34	0.14	20.34	0.08	1516	276.10	270.75	-0.64	0.19	-0.35	0.14	21.88	0.09
1417	260.44	267.21	-----	-----	1.06	0.13	21.49	0.07	1517	276.18	227.32	-0.94	0.08	0.15	0.08	21.65	0.06
1418	260.44	160.80	-----	-----	0.78	0.21	22.63	0.13	1518	276.20	499.39	-1.40	0.12	-0.34	0.14	22.59	0.11
1419	261.11	18.71	-----	-----	0.40	0.31	22.23	0.23	1519	276.29	349.42	-----	-----	0.36	0.37	23.30	0.20
1420	261.27	489.12	-0.68	0.15	-0.54	0.14	20.57	0.09	1520	276.46	218.04	0.02	0.18	0.40	0.09	21.62	0.06
1421	261.43	89.53	-----	-----	0.23	0.24	23.26	0.19	1521	276.51	310.51	-0.81	0.35	0.44	0.21	22.56	0.15
1422	261.58	113.71	-1.24	0.30	2.09	0.15	21.63	0.06	1522	276.55	185.65	-0.66	0.26	0.87	0.17	22.56	0.10
1423	261.91	144.05	-----	-----	0.07	0.13	22.78	0.10	1523	276.58	67.99	-0.99	0.31	-0.43	0.25	22.55	0.21
1424	261.93	66.89	-----	-----	0.75	0.13	22.35	0.07	1524	276.66	361.10	0.23	0.31	-0.21	0.16	22.75	0.13
1425	262.17	168.39	-0.32	0.14	-0.06	0.16	21.38	0.10	1525	276.73	281.99	-0.50	0.11	0.06	0.08	21.41	0.05
1426	262.19	409.45	-1.12	0.09	-0.26	0.10	21.47	0.08	1526	276.89	117.43	-0.92	0.22	0.08	0.18	22.88	0.10
1427	262.25	148.34	-----	-----	0.96	0.14	22.37	0.07	1527	276.89	78.26	-0.57	0.32	0.01	0.18	21.98	0.14
1428	262.28	118.51	-0.61	0.07	-0.02	0.06	21.27	0.05	1528	277.26	162.56	-----	-----	0.01	0.23	23.12	0.21
1429	262.65	404.14	-1.36	0.24	0.05	0.27	22.83	0.20	1529	277.40	253.87	-----	-----	0.44	0.17	22.71	0.11
1430	262.93	486.65	-0.64	0.24	-0.12	0.17	20.93	0.10	1530	277.48	181.87	-0.88	0.28	0.09	0.28	23.50	0.22
1431	263.01	98.59	-----	-----	0.91	0.23	22.81	0.12	1531	277.74	459.91	-1.01	0.14	-0.26	0.13	22.16	0.10
1432	263.07	248.43	-----	-----	0.68	0.28	21.14	0.06	1532	277.76	100.03	-----	-----	-0.22	0.39	23.37	0.33
1433	263.12	92.06	-1.03	0.12	-0.24	0.14	22.63	0.11	1533	277.81	428.53	-0.97	0.09	0.13	0.08	21.48	0.05
1434	263.20	295.72	-----	-----	-0.43	0.39	23.34	0.33	1534	278.08	386.48	-0.40	0.22	0.46	0.14	22.21	0.09
1435	263.41	141.11	-----	-----	0.40	0.20	23.13	0.14	1535	278.21	84.99	-0.95	0.18	-0.17	0.12	21.49	0.08
1436	263.66	320.41	-----	-----	-0.27	0.17	22.61	0.12	1536	278.29	114.69	-----	-----	0.24	0.22	23.07	0.12
1437	263.80	324.43	-----	-----	0.65	0.19	22.36	0.14	1537	278.42	303.63	-----	-----	0.55	0.28	23.06	0.21
1438	264.07	104.68	0.07	0.34	0.47	0.18	22.61	0.09	1538	278.47	17.79	-----	-----	0.30	0.29	23.44	0.23
1439	264.08	434.70	-0.89	0.21	-0.06	0.14	22.69	0.10	1539	278.50	170.76	-1.20	0.17	-0.41	0.21	23.24	0.16
1440	264.09	168.88	0.14	0.10	0.09	0.08	20.61	0.05	1540	278.51	281.98	-0.59	0.09	0.25	0.10	21.52	0.08
1441	264.28	41.18	-0.87	0.14	-0.25	0.18	22.69	0.15	1541	278.64	146.05	-1.14	0.13	-0.37	0.18	23.12	0.16
1442	264.40	252.69	-----	-----	1.22	0.39	22.54	0.15	1542	278.73	74.29	0.04	0.25	-0.64	0.06	19.77	0.04
1443	264.70	242.34	-----	-----	0.93	0.13	21.42	0.08	1543	278.80	111.47	-0.70	0.16	-0.31	0.15	22.61	0.11
1444	264.75	226.64	-----	-----	0.13	0.05	20.73	0.04	1544	278.83	455.94	-1.03	0.12	-0.36	0.12	22.02	0.10
1445	265.48	264.89	0.04	0.29	0.33	0.15	22.20	0.11	1545	278.96	471.74	-1.02	0.16	-0.05	0.14	22.14	0.09
1446	265.52	189.67	-0.96	0.25	0.05	0.25	23.26	0.20	1546	279.09	94.34	-0.99	0.17	-0.07	0.15	21.80	0.10
1447	265.56	273.59	-----	-----	1.40	0.10	20.96	0.05	1547	279.14	403.74	-0.76	0.43	0.58	0.27	23.06	0.15
1448	265.59	35.62	-----	-----	-0.02	0.15	22.69	0.11	1548	279.38	174.73	0.11	0.23	0.62	0.12	21.76	0.05
1449	265.67	485.67	-0.48	0.28	-0.27	0.11	20.85	0.07	1549	279.41	96.74	-----	-----	0.06	0.24	22.35	0.15
1450	266.01	314.11	-0.84	0.28	-0.93	0.19	22.01	0.10	1550	279.45	341.58	-0.19	0.21	0.17	0.20	22.15	0.07
1451	266.07	367.98	-1.06	0.05	-0.07	0.04	20.08	0.03	1551	279.48	200.58	-----	-----	0.20	0.19	22.19	0.11
1452	266.10	359.20	-0.74	0.24	0.76	0.17	22.17	0.09	1552	279.69	207.56	-0.35	0.09	-0.01	0.08	21.47	0.06
1453	266.24	257.74	-1.19	0.11	-0.11	0.16	22.50	0.16	1553	279.73	135.36	-1.65	0.25	0.10	0.23	23.28	0.13
1454	266.37	448.45	-1.25	0.19	0.19	0.23	23.15	0.18	1554	280.15	434.29	-0.86	0.27	-0.37	0.24	23.28	0.18
1455	266.38	292.16	-0.17	0.20	0.21	0.17	22.09	0.14	1555	280.44	266.26	-0.28	0.13	0.10	0.10	21.59	0.07
1456	266.52	44.18	-----	-----	0.54	0.26	23.21	0.15	1556	280.71	319.84	-----	-----	2.00	0.18	21.62	0.06
1457	266.55	353.48	-0.08	0.37	0.64	0.16	22.24	0.09	1557	280.78	99.30	-0.33	0.20	0.19	0.20	21.74	0.12
1458	266.75	185.61	-----	-----	-0.35	0.20	23.44	0.17	1558	280.89	296.22	-0.15	0.17	0.27	0.11	21.74	0.08
1459	267.06	215.90	-0.36	0.25	-0.38	0.38	23.11	0.35	1559	281.04	252.81	-0.24	0.40	0.14	0.20	23.11	0.15
1460	267.18	234.53	-0.06	0.27	0.92	0.10	21.59	0.05	1560	281.05	359.49	-0.21	0.46	0.23	0.23	23.10	0.17
1461	267.35	139.69	-----	-----	0.01	0.17	23.10	0.14	1561	281.28	220.39	-0.82	0.37	0.17	0.34	23.31	0.29
1462	267.36	333.25	0.69	0.48	0.18	0.10	22.14	0.08	1562	281.43	65.63	-0.96	0.11	-0.14	0.08	20.45	0.06
1463	267.46	289.49	-0.24	0.07	-0.08	0.06	20.91	0.05	1563	281.51	246.03	-----	-----	2.03	0.17	21.56	0.05
1464	267.58	223.44	-----	-----	0.45	0.26	22.92	0.18	1564	281.57	70.21	-0.73	0.20	-0.23	0.12	21.29	0.09
1465	267.66	96.15	-1.31	0.16	-0.52	0.26	23.53	0.23	1565	281.62	100.55	-1.11	0.19	-0.31	0.23	22.18	0.20
1466	268.08	213.75	-----	-----	-0.01	0.39	23.35	0.33	1566	281.77	185.82	-----	-----	0.83	0.17	22.37	0.09
1467	268.17	62.71	-0.43	0.24	0.20	0.20	22.55	0.14	1567	281.79	215.67	-----	-----	1.16	0.20	22.15	0.10
1468	268.20	275.55	-0.49	0.21	0.73	0.17	21.46	0.07	1568	281.87	316.54	-0.90	0.30	0.40	0.24	23.05	0.17
1469	268.71	294.07	-0.04	0.15	0.09	0.11	21.91	0.09	1569	281.96	211.04	-----	-----	-0.11	0.28	23.20	0.24
1470	268.86	177.60	-0.27	0.04	0.04	0.04	20.10	0.03	1570	282.10	280.05	-0.94	0.16	-0.32	0.18	22.78	0.14
1471	268.96	199.03	-0.27	0.04	0.04	0.04	20.10										

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	
1601	286.45	80.97	0.02	0.21	-0.10	0.06	19.84	0.04	1701	299.43	92.90	-0.95	0.19	-0.74	0.33	22.26	0.31	
1602	286.47	221.61	-0.47	0.09	0.01	0.06	21.39	0.05	1702	299.51	377.57	-1.13	0.39	0.99	0.34	22.75	0.13	
1603	286.51	64.50	-1.13	0.25	-0.52	0.24	22.42	0.20	1703	299.54	279.19	0.21	0.50	-0.14	0.11	21.64	0.10	
1604	286.58	349.09	-----	-----	-----	0.38	0.25	23.20	0.18	1704	299.81	126.57	-0.59	0.06	0.43	0.07	21.02	0.05
1605	286.64	235.29	-0.36	0.21	-0.07	0.13	22.48	0.10	1705	299.95	445.62	-1.16	0.24	0.03	0.24	22.45	0.18	
1606	286.72	106.27	-1.24	0.16	-0.26	0.15	22.00	0.13	1706	299.98	70.02	-1.29	0.09	1.65	0.07	18.13	0.07	
1607	286.74	419.83	-1.24	0.39	0.39	0.35	23.19	0.20	1707	300.27	98.73	-1.28	0.14	-0.05	0.22	21.73	0.18	
1608	286.84	208.78	-----	-----	-----	-0.06	0.26	23.13	0.21	1708	300.62	350.15	-1.52	0.20	-0.38	0.30	23.16	0.24
1609	286.86	305.32	-----	-----	-----	0.49	0.27	23.10	0.19	1709	300.77	309.26	-0.11	0.30	0.00	0.06	21.33	0.05
1610	286.97	269.20	-0.16	0.10	0.08	0.08	21.07	0.06	1710	300.33	340.39	0.16	0.52	0.52	0.22	22.25	0.12	
1611	287.03	458.79	-----	-----	-----	-0.08	0.41	23.32	0.24	1711	300.97	432.93	-0.11	0.30	-0.20	0.16	22.42	0.12
1612	287.14	322.92	-----	-----	-----	0.40	0.37	23.33	0.23	1712	301.31	166.13	-0.58	0.23	-0.60	0.13	22.07	0.11
1613	287.16	97.38	-1.04	0.15	-0.50	0.15	21.33	0.13	1713	301.38	190.39	-0.67	0.26	0.37	0.20	21.83	0.15	
1614	287.24	345.63	-0.69	0.19	-0.39	0.16	23.10	0.14	1714	301.85	291.49	-0.41	0.28	0.00	0.19	22.52	0.12	
1615	287.40	442.92	-----	-----	-----	1.14	0.10	21.01	0.05	1715	302.01	109.21	-1.18	0.05	-0.18	0.09	18.95	0.08
1616	287.56	266.40	-0.05	0.36	-0.48	0.24	22.75	0.19	1716	302.53	237.82	-----	-----	0.88	0.15	21.47	0.08	
1617	287.62	411.77	-1.28	0.21	-0.14	0.24	23.22	0.19	1717	302.64	181.70	-1.77	0.34	0.03	0.39	23.08	0.22	
1618	287.68	377.20	-----	-----	-----	0.64	0.21	22.65	0.15	1718	302.74	473.88	-1.52	0.30	0.40	0.28	22.90	0.13
1619	288.15	353.44	-1.35	0.15	-0.11	0.17	22.99	0.14	1719	303.03	133.38	-0.88	0.07	-0.07	0.07	21.20	0.06	
1620	288.20	389.20	0.12	0.26	0.05	0.04	20.03	0.03	1720	303.21	91.87	-1.19	0.17	-0.39	0.18	21.88	0.15	
1621	288.27	85.89	-1.18	0.13	-0.30	0.15	20.92	0.13	1721	303.82	156.81	-0.67	0.23	-0.85	0.37	23.08	0.34	
1622	288.32	423.43	-0.41	0.44	-0.09	0.26	23.18	0.16	1722	304.15	441.98	-0.75	0.26	-0.18	0.22	22.98	0.17	
1623	288.46	38.78	-----	-----	-----	0.59	0.18	23.04	0.12	1723	304.57	385.16	0.53	0.21	1.11	0.08	20.71	0.03
1624	288.47	214.55	-0.75	0.08	-0.07	0.07	21.42	0.05	1724	304.70	220.54	-1.28	0.14	-0.80	0.22	22.98	0.18	
1625	288.71	53.72	-1.36	0.30	0.24	0.30	22.58	0.20	1725	304.81	395.83	-----	-----	0.23	0.26	22.97	0.17	
1626	288.72	88.37	-----	-----	-----	-0.27	0.23	21.79	0.17	1726	304.81	98.66	-1.30	0.14	0.10	0.18	21.74	0.13
1627	288.94	433.12	-----	-----	-----	0.24	0.33	23.22	0.23	1727	304.81	256.86	-0.96	0.10	0.08	0.08	21.49	0.05
1628	289.48	333.79	-0.61	0.29	0.40	0.18	22.80	0.12	1728	305.03	160.50	-0.22	0.05	-0.12	0.04	20.31	0.03	
1629	289.70	65.15	-----	-----	-----	-0.24	0.20	22.18	0.16	1729	305.40	177.03	-1.02	0.14	-0.11	0.15	22.19	0.11
1630	289.85	275.14	-0.65	0.44	0.60	0.13	21.80	0.08	1730	305.61	201.04	-0.43	0.24	0.68	0.15	21.42	0.11	
1631	289.94	292.07	-0.79	0.43	0.20	0.37	23.65	0.29	1731	306.42	190.91	-0.43	0.05	-0.15	0.04	20.05	0.04	
1632	290.31	70.25	-1.22	0.13	-0.36	0.09	20.57	0.07	1732	306.84	351.93	-0.48	0.26	0.20	0.23	22.39	0.12	
1633	290.51	181.40	-0.67	0.11	-0.08	0.09	21.87	0.07	1733	307.20	90.80	-0.55	0.15	-0.23	0.03	19.62	0.03	
1634	290.65	328.46	-----	-----	-----	1.11	0.10	21.56	0.05	1734	307.23	397.59	-----	-----	-0.01	0.23	22.95	0.17
1635	290.76	300.53	-0.64	0.17	-0.11	0.15	22.74	0.13	1735	307.26	50.81	-0.80	0.23	-0.37	0.27	23.01	0.19	
1636	290.92	439.00	-1.20	0.19	-0.28	0.21	22.53	0.18	1736	307.48	459.39	-----	-----	1.23	0.34	22.21	0.09	
1637	291.09	294.12	-0.55	0.60	0.17	0.48	23.66	0.39	1737	307.50	195.77	-----	-----	-0.07	0.14	21.49	0.11	
1638	291.14	377.62	-1.17	0.08	-0.11	0.08	21.57	0.06	1738	307.53	185.60	-----	-----	0.44	0.53	23.03	0.33	
1639	291.30	151.87	-----	-----	-----	1.08	0.08	21.36	0.05	1739	307.63	470.84	-1.26	0.12	0.03	0.10	21.96	0.06
1640	291.56	62.29	-1.08	0.09	-0.32	0.13	21.02	0.11	1740	307.74	261.85	-1.27	0.10	-0.04	0.10	21.76	0.07	
1641	291.83	212.09	-----	-----	-----	-1.19	0.22	22.30	0.10	1741	307.77	290.81	-1.14	0.20	-0.77	0.31	23.37	0.27
1642	291.86	50.39	-----	-----	-----	-0.23	0.19	23.48	0.15	1742	307.87	272.99	0.85	0.41	0.83	0.15	20.39	0.05
1643	291.86	238.74	-1.67	0.34	0.81	0.30	22.75	0.21	1743	308.23	316.33	-0.76	0.26	0.37	0.26	22.18	0.16	
1644	291.94	85.09	-1.37	0.13	-0.27	0.11	21.03	0.08	1744	308.47	419.57	-----	-----	0.19	0.17	22.26	0.11	
1645	291.96	312.08	-----	-----	-----	0.70	0.22	22.76	0.12	1745	308.63	198.06	-0.37	0.10	-0.02	0.09	20.90	0.07
1646	292.10	188.09	-0.93	0.21	0.01	0.20	22.83	0.16	1746	308.72	172.07	-0.58	0.04	-0.17	0.04	20.59	0.04	
1647	292.11	97.96	0.30	0.17	-0.13	0.11	18.55	0.09	1747	308.21	142.18	0.10	0.14	0.16	0.07	20.99	0.05	
1648	292.12	231.00	-0.26	0.06	-0.02	0.04	19.43	0.04	1748	310.25	149.92	-1.37	0.24	0.15	0.23	22.22	0.17	
1649	292.26	331.35	-----	-----	-----	0.09	0.20	23.01	0.15	1749	310.41	253.31	-1.64	0.10	-0.02	0.11	21.84	0.07
1650	292.28	284.82	-0.65	0.31	-0.64	0.31	24.49	0.25	1750	310.49	109.36	-1.81	0.10	-0.28	0.16	22.00	0.15	
1651	292.59	219.97	-0.97	0.25	0.30	0.23	22.95	0.19	1751	310.64	132.36	-0.63	0.37	-0.26	0.26	23.25	0.17	
1652	292.59	71.97	-1.19	0.11	-0.11	0.12	19.73	0.08	1752	310.71	416.75	-----	-----	0.58	0.23	22.43	0.13	
1653	292.60	315.41	-0.32	0.16	-0.02	0.17	22.91	0.13	1753	311.12	226.77	-0.73	0.22	-0.50	0.27	22.94	0.20	
1654	292.68	451.60	-0.25	0.06	0.05	0.05	15.33	0.04	1754	311.14	246.66	-0.52	0.10	0.21	0.10	21.45	0.07	
1655	293.17	153.16	-----	-----	-----	0.08	0.31	22.90	0.18	1755	312.20	193.54	-0.43	0.21	-0.55	0.28	22.71	0.25
1656	293.25	67.86	-----	-----	-----	-0.42	0.29	22.64	0.22	1756	312.23	447.17	-1.37	0.20	-0.16	0.22	22.70	0.12
1657	293.32	216.78	-0.45	0.15	-0.02	0.11	22.10	0.09	1757	312.24	279.49	-0.73	0.11	0.17	0.10	21.56	0.07	
1658	293.50	459.80	-----	-----	-----	1.43	0.14	20.92	0.04	1758	312.30	291.30	0.21	0.43	-0.61	0.34	23.64	0.30
1659	293.61	108.26	-----	-----	-----	0.15	0.42	23.09	0.32	1759	312.61	269.71	0.15	0.42	0.10	0.26	22.34	0.16
1660	293.74	81.52	-1.41	0.23	-0.04	0.20	21.98	0.14	1760	313.17	188.70	-0.04	0.36	0.24	0.27	22.44	0.19	
1661	293.87	235.19	-0.33	0.14	0.11	0.08	21.16	0.07	1761	314.31	300.52	-0.21	0.37	-0.19	0.26	22.60	0.14	
1662	293.98	116.44	-1.33	0.15	-0.17	0.16	22.02	0.11	1762	314.74	228.64	-1.33	0.22	0.39	0.24	22.52	0.14	
1663	294.13	113.05	-----	-----	-----	0.35	0.20	22.07	0.12	1763	314.99	85.00	-----	-----	0.98	0.48	22.56	0.28
1664	294.29	456.23	-1.49	0.21	-0.25	0.20	22.68	0.13	1764	315.35	293.57	-----	-----	0.31	0.46	22.78	0.39	
1665	294.33	499.59	-1.46	0.23	-0.05	0.22	22.74	0.11	1765	315.79	259.51	-0.54	0.13	1.11	0.10	20.80	0.03	
1666	294.37	403.14	-1.30	0.30	-0.19	0.28	23.33	0.21	1766	316.30	311.29	0.43	0.15	0.84	0.07	20.64	0.04	
1667	294.45	263.78	-----	-----	-----	1.55	0.22	21.77	0.10	1767	316.38	172.67	-0.08	0.54	0.07	0.32	23.14	0.19
1668	294.52	72.89	-1.07	0.11	-0.60	0.10	19.97	0.08	1768	316.50	299.60	-0.30	0.42	-0.02	0.25	22.25	0.12	
1669	294.74	272.13	-1.35	0.18	-0.75	0.38	23.46	0.35	1769	316.67	73.40	-1.17	0.07	-0.15	0.08	21.51	0.06	
1670	294.78	290.40	-0.48	0.17														

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	N	X	Y	(U-B)	S(U-B)	(B-V)	S(B-V)	V	S(V)	
1801	324.83	312.00	0.36	0.15	-0.03	0.20	21.12	0.17	1901	351.95	306.08	---	---	-0.04	0.15	22.13	0.11	
1802	324.88	242.62	1.53	0.30	0.02	0.19	20.79	0.16	1902	352.36	358.92	---	---	0.02	0.37	23.13	0.26	
1803	324.93	191.60	1.33	0.30	0.91	0.10	19.57	0.07	1903	352.76	262.20	-1.26	0.05	-0.15	0.06	20.99	0.04	
1804	325.20	283.17	0.63	0.13	-0.67	0.12	20.86	0.05	1904	353.01	388.15	-0.63	0.21	-0.07	0.25	22.58	0.21	
1805	325.25	249.99	0.13	0.11	-0.16	0.19	20.82	0.18	1905	353.05	158.35	0.25	0.11	1.04	0.07	19.50	0.07	
1806	325.47	463.46	---	---	-0.42	0.24	20.76	0.22	1906	353.26	309.10	---	---	0.16	0.12	21.88	0.09	
1807	326.10	188.90	-0.90	0.10	0.08	0.16	20.75	0.14	1907	353.29	184.70	-1.32	0.08	-0.04	0.09	20.73	0.07	
1808	326.75	280.27	-0.08	0.11	-0.14	0.14	20.49	0.11	1908	353.36	51.86	---	---	-0.33	0.21	23.07	0.14	
1809	327.97	193.16	-0.95	0.14	0.37	0.17	20.99	0.13	1909	353.40	101.74	---	---	-0.06	0.28	22.93	0.20	
1810	328.79	205.35	-0.49	0.06	-0.32	0.10	20.49	0.09	1910	353.60	179.28	0.15	0.38	-0.10	0.05	19.44	0.04	
1811	329.45	133.71	---	---	-0.59	0.30	22.58	0.29	1911	354.15	105.02	-1.05	0.12	-0.54	0.10	22.03	0.08	
1812	330.27	235.99	---	---	1.29	0.14	20.44	0.09	1912	354.62	188.14	-0.40	0.34	-0.16	0.29	22.85	0.23	
1813	330.31	174.04	-0.98	0.46	0.65	0.44	22.49	0.16	1913	354.86	182.19	-1.23	0.13	-0.56	0.18	21.66	0.15	
1814	330.46	300.09	-0.28	0.28	0.44	0.16	21.46	0.13	1914	355.12	460.95	-0.12	0.15	-0.49	0.12	22.01	0.10	
1815	330.50	178.85	-0.62	0.12	-0.59	0.12	21.92	0.09	1915	355.31	193.22	-0.98	0.26	-0.06	0.29	22.69	0.22	
1816	330.82	199.81	---	---	1.21	0.33	21.69	0.19	1916	355.34	163.40	-0.84	0.13	-0.30	0.12	21.07	0.11	
1817	330.84	87.65	-0.78	0.37	0.80	0.32	21.34	0.17	1917	355.90	168.79	-1.61	0.21	-0.23	0.35	22.45	0.30	
1818	331.08	169.33	0.02	0.09	0.27	0.06	20.53	0.03	1918	356.03	189.25	-0.99	0.28	-0.17	0.30	22.44	0.21	
1819	331.76	373.09	---	---	0.45	0.19	22.32	0.08	1919	356.25	372.83	-0.95	0.07	-0.40	0.09	21.04	0.08	
1820	332.47	22.88	---	---	0.10	0.33	22.99	0.14	1920	356.36	335.85	-0.14	0.24	1.32	0.22	20.91	0.17	
1821	332.50	365.46	-0.35	0.24	-0.05	0.21	22.71	0.17	1921	356.96	349.81	-0.16	0.23	0.57	0.20	21.87	0.17	
1822	332.58	251.69	-1.30	0.19	-0.19	0.15	22.04	0.09	1922	357.02	263.00	-1.12	0.18	-0.14	0.20	22.61	0.15	
1823	332.74	86.51	-0.87	0.12	-0.70	0.24	21.53	0.24	1923	357.04	240.26	-0.65	0.05	-0.09	0.10	20.17	0.10	
1824	333.08	189.55	-1.04	0.36	-0.12	0.35	23.10	0.26	1924	357.26	39.56	---	---	-0.03	0.12	22.35	0.08	
1825	333.66	277.76	-1.55	0.45	0.50	0.51	22.94	0.31	1925	357.52	86.62	-0.88	0.26	0.35	0.23	22.38	0.10	
1826	333.70	202.08	-3.20	0.10	0.27	0.08	20.48	0.08	1926	357.60	91.11	-0.12	0.50	-0.84	0.24	23.14	0.21	
1827	334.37	226.00	-1.24	0.11	-0.18	0.13	22.27	0.10	1927	357.66	449.11	-1.10	0.12	-0.15	0.14	22.23	0.11	
1828	334.83	218.70	-0.82	0.45	-0.22	0.40	23.40	0.26	1928	357.78	211.20	---	---	0.88	0.34	22.20	0.20	
1829	335.43	297.33	-0.21	0.15	-0.10	0.04	20.10	0.05	1929	358.07	166.99	-1.04	0.16	-0.07	0.19	21.80	0.16	
1830	335.84	247.95	---	---	1.03	0.28	21.82	0.17	1930	358.48	234.15	-0.18	0.15	-0.11	0.10	21.47	0.08	
1831	336.57	255.82	-1.50	0.43	0.57	0.40	22.71	0.17	1931	358.81	342.96	-0.17	0.12	1.09	0.11	20.70	0.08	
1832	336.58	119.45	-0.48	0.11	-0.29	0.11	21.64	0.06	1932	358.99	372.08	---	---	0.41	0.37	22.01	0.16	
1833	336.82	443.11	0.89	0.06	0.24	0.23	16.69	0.22	1933	359.12	79.87	-0.56	0.46	0.40	0.37	23.05	0.18	
1834	336.84	242.72	---	---	0.73	0.21	21.54	0.13	1934	359.23	253.97	-0.45	0.13	0.05	0.11	20.51	0.10	
1835	336.89	271.71	-1.31	0.16	0.00	0.17	22.41	0.12	1935	359.35	171.63	-0.93	0.14	-0.13	0.11	21.40	0.09	
1836	337.23	95.26	-1.12	0.14	-0.06	0.15	22.21	0.10	1936	359.66	101.64	-0.20	0.24	0.33	0.11	21.80	0.07	
1837	337.27	284.67	---	---	0.73	0.20	22.35	0.10	1937	359.92	245.43	-1.73	0.31	0.64	0.36	22.08	0.25	
1838	337.61	199.81	---	---	1.12	0.13	21.08	0.08	1938	360.02	377.51	---	---	1.32	0.07	20.24	0.04	
1839	337.85	131.90	---	---	-0.07	0.36	23.28	0.21	1939	360.05	196.75	-0.78	0.28	-0.42	0.27	22.85	0.23	
1840	338.05	184.85	-1.17	0.13	-0.33	0.16	22.04	0.15	1940	360.38	158.87	-1.10	0.12	-0.44	0.20	21.96	0.19	
1841	338.26	238.27	-0.36	0.47	-0.30	0.18	21.55	0.16	1941	360.51	286.67	---	---	0.09	-0.23	0.06	21.16	0.05
1842	338.27	121.31	---	---	-0.82	0.37	22.92	0.20	1942	360.55	206.94	-0.19	0.09	-0.23	0.06	21.16	0.05	
1843	338.43	176.44	-0.53	0.21	-0.65	0.29	22.74	0.27	1943	360.69	222.42	-0.26	0.13	0.06	0.10	21.36	0.07	
1844	338.88	122.74	-1.38	0.17	-0.25	0.19	21.97	0.09	1944	360.97	110.54	---	---	-0.04	0.40	23.39	0.26	
1845	339.22	13.00	---	---	0.06	0.15	22.31	0.11	1945	361.02	354.12	---	---	1.02	0.20	21.72	0.10	
1846	339.85	163.35	-0.98	0.63	0.95	0.48	22.69	0.28	1946	361.30	223.17	-0.03	0.15	-0.12	0.05	20.48	0.04	
1847	339.90	44.34	-0.81	0.18	-0.33	0.17	22.57	0.09	1947	361.53	131.51	---	---	1.02	0.45	22.59	0.17	
1848	340.54	144.15	-0.36	0.12	-0.46	0.05	19.69	0.05	1948	361.71	293.25	-1.17	0.25	-0.56	0.30	23.17	0.21	
1849	340.98	92.68	---	---	0.92	0.25	22.20	0.09	1949	361.79	257.69	-1.08	0.36	0.80	0.33	20.88	0.13	
1850	341.07	314.51	-0.13	0.37	0.57	0.18	22.23	0.10	1950	362.14	172.38	-1.50	0.16	0.06	0.19	22.01	0.13	
1851	341.42	478.49	---	---	0.15	0.21	22.61	0.13	1951	362.18	272.62	---	---	0.33	0.27	22.73	0.13	
1852	341.82	227.87	0.94	0.09	-0.10	0.11	20.90	0.11	1952	362.30	412.21	-1.24	0.11	-0.20	0.08	21.34	0.07	
1853	342.89	176.02	-0.48	0.12	-0.84	0.20	22.33	0.19	1953	362.33	165.35	-0.53	0.05	-0.19	0.07	20.62	0.06	
1854	342.89	176.02	-0.48	0.12	-0.84	0.20	22.33	0.19	1954	362.33	165.35	-0.53	0.05	-0.19	0.07	20.62	0.06	
1855	342.93	217.83	-0.67	0.11	-0.17	0.10	21.47	0.07	1955	362.45	139.66	---	---	-0.21	0.13	20.62	0.10	
1856	342.83	396.35	-0.54	0.36	-0.43	0.16	22.59	0.13	1956	362.48	151.64	-0.70	0.09	-0.53	0.09	20.40	0.08	
1857	343.01	290.16	-1.11	0.22	-0.14	0.23	22.69	0.17	1957	362.63	345.74	---	---	1.01	0.32	22.32	0.20	
1858	343.05	124.75	---	---	-0.43	0.29	22.82	0.26	1958	362.67	140.52	-0.29	0.55	-0.59	0.43	23.42	0.37	
1859	343.29	205.93	-0.75	0.22	-0.62	0.29	23.13	0.27	1959	363.07	250.72	-0.18	0.07	0.06	0.07	19.26	0.06	
1860	344.03	258.97	---	---	1.64	0.09	20.52	0.03	1960	363.59	290.12	-1.02	0.14	-0.71	0.15	22.36	0.10	
1861	344.09	184.03	-1.07	0.13	-0.32	0.22	21.87	0.20	1961	363.81	210.90	-0.70	0.18	0.12	0.14	21.70	0.09	
1862	344.34	401.87	-1.03	0.06	-0.18	0.05	21.01	0.04	1962	363.91	263.18	---	---	0.10	0.42	23.08	0.24	
1863	345.37	25.64	---	---	0.18	0.22	22.14	0.11	1963	364.05	194.41	-1.05	0.18	-0.84	0.36	23.32	0.34	
1864	345.42	247.62	---	---	0.02	0.23	21.99	0.20	1964	364.38	242.10	---	---	0.04	0.11	20.65	0.06	
1865	345.42	147.34	-1.25	0.04	-0.34	0.13	20.36	0.13	1965	364.66	382.69	-1.16	0.15	-0.47	0.26	22.77	0.22	
1866	345.44	309.98	---	---	1.00	0.26	22.33	0.11	1966	364.67	229.76	-0.41	0.41	0.63	0.29	22.11	0.14	
1867	345.60	288.55	---	---	-0.37	0.18	22.54	0.15	1967	365.08	240.93	-0.94	0.42	0.87	0.41	20.88	0.05	
1868	345.71	475.12	---	---	1.60	0.24	21.82	0.06	1968	365.08	143.99	-0.31	0.10	0.26	0.07	21.13	0.05	
1869	345.86	158.02	-1.21	0.12	-0.31	0.12	21.85	0.08	1969	365.36	156.68	-1.35	0.16	0.17	0.16	21.40	0.11	
1870	346.00	213.98	-0.45	0.30	-0.13	0.15	22.00	0.11	1970	365.73	226.88	---	---	0.43	0.14	21.58	0.08	
1871	346.21	194.90	---	---	-0.07	0.45	23.29	0.36	1971	366.29								

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-B)	(S(U-R))	(B-V)	(S(B-V))	V	(S(V))	N	X	Y	(U-B)	(S(U-R))	(B-V)	(S(B-V))	V	(S(V))
2001	373.77	343.75			1.20	0.26	21.89	0.16	2101	399.28	152.88	0.23	0.20	-0.07	0.11	21.32	0.09
2002	374.26	415.93	-1.29	0.04	-0.36	0.04	20.71	0.04	2102	399.34	167.47	-1.14	0.07	-0.27	0.08	21.55	0.07
2003	374.44	228.99	-0.65	0.33	0.13	0.30	22.89	0.24	2103	399.47	127.84			0.29	0.14	22.19	0.09
2004	374.45	421.08	-1.08	0.16	-0.20	0.08	21.55	0.06	2104	399.67	11.35	0.63	0.47	-0.13	0.17	22.69	0.09
2005	374.52	352.65	0.02	0.28	0.43	0.10	21.55	0.05	2105	399.70	26.49	-0.85	0.51	-0.15	0.40	23.22	0.32
2006	374.88	192.98	-0.88	0.18	-0.31	0.22	21.13	0.14	2106	400.05	216.92	0.19	0.05	-0.67	0.17	19.67	0.17
2007	375.28	218.69	-0.89	0.13	-0.72	0.20	22.60	0.19	2107	400.16	158.61	-0.07	0.04	0.09	0.03	19.39	0.03
2008	376.12	208.53	-0.29	0.05	0.05	0.05	19.78	0.04	2108	400.28	46.57			0.82	0.16	21.98	0.07
2009	376.28	159.23	-0.39	0.14	-0.13	0.08	21.57	0.06	2109	400.83	238.60	0.11	0.09	-0.10	0.04	20.16	0.03
2010	376.38	159.23	-0.71	0.06	-0.12	0.05	20.77	0.03	2110	401.66	62.32	-0.89	0.21	-0.44	0.22	23.12	0.16
2011	376.93	275.02	-0.43	0.06	-0.29	0.06	21.05	0.05	2111	402.11	35.26			-0.07	0.13	22.32	0.09
2012	376.95	147.55	-1.36	0.20	-0.48	0.36	23.25	0.31	2112	402.13	211.50	-0.61	0.30	-0.25	0.46	22.38	0.43
2013	377.18	211.46			-0.08	0.44	23.51	0.30	2113	402.22	188.07	-1.17	0.11	-0.10	0.11	22.03	0.08
2014	377.31	426.14	-1.10	0.19	-0.17	0.16	22.34	0.12	2114	402.30	252.84	-0.56	0.13	-0.21	0.09	21.49	0.07
2015	377.42	368.50	-0.42	0.52	0.09	0.35	23.22	0.19	2115	402.90	197.15			0.52	0.33	23.00	0.16
2016	377.51	254.05			0.02	0.28	22.89	0.13	2116	404.55	176.37			-0.41	0.19	22.61	0.16
2017	377.93	324.63	0.32	0.32	-0.46	0.19	22.63	0.17	2117	405.04	119.72	-0.08	0.09	-0.21	0.05	21.03	0.04
2018	377.93	177.37	-0.70	0.08	-0.11	0.05	20.85	0.04	2118	405.70	419.39			0.53	0.48	23.09	0.36
2019	378.30	186.17	-1.26	0.20	-0.18	0.23	22.70	0.15	2119	406.02	238.51	-1.03	0.10	-0.30	0.14	21.94	0.11
2020	378.37	135.92	-1.15	0.30	-0.49	0.46	23.36	0.40	2120	406.32	248.93			0.35	0.37	23.00	0.21
2021	378.38	307.47	-0.27	0.08	0.05	0.06	21.07	0.04	2121	406.99	236.35	-0.56	0.55	0.38	0.50	22.84	0.19
2022	378.43	231.08	-0.22	0.14	-0.20	0.09	21.72	0.07	2122	407.49	163.42	-0.86	0.24	-0.22	0.25	22.94	0.18
2023	378.48	413.17	-1.36	0.27	-0.61	0.54	23.23	0.29	2123	408.06	296.26	1.12	0.37	-1.72	0.29	22.90	0.21
2024	379.48	293.50	-1.30	0.26	-0.41	0.26	22.96	0.19	2124	408.15	255.54	-1.17	0.30	-1.15	0.08	21.91	0.06
2025	379.63	142.95	-0.57	0.04	-0.12	0.04	20.23	0.03	2125	408.42	193.52	-1.15	0.08	-0.33	0.08	21.91	0.06
2026	381.05	200.42	-0.19	0.06	-0.03	0.05	20.63	0.03	2126	408.63	188.57	-0.63	0.47	0.41	0.28	22.90	0.14
2027	381.20	290.19	-1.17	0.27	-0.33	0.31	23.24	0.22	2127	409.36	125.28	0.41	0.10	-0.10	0.11	21.81	0.07
2028	381.54	312.78	-1.13	0.19	0.08	0.20	22.58	0.14	2128	409.97	347.85			-0.18	0.29	23.13	0.19
2029	381.56	83.34			0.01	0.28	22.95	0.19	2129	410.00	122.44			-0.29	0.2	22.51	0.15
2030	381.66	233.56	0.25	0.33	-0.13	0.19	22.37	0.13	2130	410.07	216.79			-0.04	0.19	20.89	0.06
2031	381.84	151.81	-0.88	0.10	-0.32	0.12	21.90	0.10	2131	410.19	168.35	-0.15	0.09	0.24	0.05	20.93	0.04
2032	381.93	218.75			-0.88	0.26	23.14	0.23	2132	410.24	119.13	-1.01	0.14	0.35	0.12	21.79	0.08
2033	382.34	253.73	-1.12	0.22	0.44	0.20	22.26	0.13	2133	410.37	250.59	-0.49	0.19	-0.15	0.05	20.80	0.04
2034	382.59	155.10	-1.04	0.39	1.17	0.31	22.07	0.12	2134	410.40	215.99	-0.27	0.08	-0.19	0.07	20.43	0.04
2035	382.65	160.07	-0.55	0.08	-0.11	0.07	21.14	0.05	2135	411.29	232.24	-0.66	0.38	-0.12	0.38	23.09	0.26
2036	382.81	301.61	-0.01	0.04	-0.22	0.04	20.61	0.03	2136	411.64	277.52	-0.74	0.08	-0.14	0.09	21.64	0.07
2037	382.96	265.84	-0.42	0.40	-0.70	0.42	23.35	0.34	2137	411.64	310.98	-0.54	0.07	-0.15	0.06	21.17	0.05
2038	383.19	139.92	-0.73	0.22	-0.94	0.37	23.27	0.35	2138	411.86	302.74	-0.10	0.22	0.15	0.18	21.51	0.07
2039	383.39	189.26	-1.31	0.10	-0.25	0.13	22.14	0.10	2139	412.33	182.30			0.77	0.09	21.21	0.05
2040	383.74	270.33	-0.97	0.20	-0.39	0.17	22.56	0.13	2140	412.26	27.71			0.04	0.19	22.56	0.08
2041	384.03	285.54	-1.21	0.13	-0.15	0.15	22.17	0.10	2141	412.66	475.73	-1.34	0.06	-0.19	0.08	21.76	0.06
2042	384.06	119.37			1.17	0.28	22.36	0.09	2142	413.05	234.36	-0.86	0.12	-0.87	0.19	22.59	0.17
2043	384.36	290.31	-0.86	0.06	0.51	0.07	21.22	0.05	2143	413.72	199.52	-1.14	0.27	0.26	0.37	22.82	0.32
2044	384.52	151.89	-0.92	0.15	-0.08	0.14	22.14	0.10	2144	413.79	177.70			-0.09	0.20	22.52	0.15
2045	384.75	53.95			0.31	0.38	23.23	0.24	2145	413.89	217.21	-1.52	0.24	0.32	0.26	22.44	0.16
2046	385.10	359.78	-0.59	0.06	-0.07	0.04	20.89	0.03	2146	413.89	267.99	-0.07	0.26	0.73	0.14	21.67	0.09
2047	385.74	265.03	-1.78	0.39	0.09	0.48	23.26	0.32	2147	414.48	173.23			0.42	0.11	21.61	0.06
2048	385.83	193.62	-0.67	0.23	0.08	0.20	22.55	0.14	2148	415.04	77.35			0.62	0.20	22.49	0.11
2049	386.15	135.70	-1.19	0.15	-0.27	0.21	22.54	0.19	2149	415.94	297.02	-1.01	0.24	-0.20	0.34	22.98	0.29
2050	386.22	205.51	-0.90	0.22	-0.50	0.34	23.02	0.31	2150	416.81	370.75			1.27	0.16	21.01	0.03
2051	386.42	256.96	-0.70	0.29	-0.05	0.25	22.91	0.17	2151	416.88	166.13	-0.78	0.15	0.32	0.13	22.05	0.07
2052	386.99	244.48	-0.15	0.09	-0.21	0.07	20.75	0.05	2152	416.89	203.79			1.55	0.04	19.68	0.02
2053	386.73	159.18	-1.30	0.03	-0.15	0.07	21.13	0.05	2153	417.80	204.07	-1.67	0.33	0.23	0.23	22.59	0.16
2054	387.20	183.38			0.21	0.17	22.43	0.11	2154	418.29	278.19	-0.11	0.06	0.06	0.05	20.70	0.04
2055	387.41	150.36			0.40	0.31	23.66	0.20	2155	418.74	312.56			1.40	0.09	20.66	0.04
2056	387.98	187.97			1.26	0.17	21.38	0.06	2156	419.08	39.02	-0.91	0.25	0.25	0.21	22.56	0.11
2057	388.51	345.31			1.30	0.37	22.13	0.21	2157	419.15	133.46	-1.24	0.07	-0.34	0.06	21.62	0.04
2058	388.53	448.34	-0.10	0.10	-0.27	0.08	20.74	0.07	2158	419.53	21.22			0.36	0.26	22.80	0.12
2059	388.74	390.80	-1.16	0.08	-0.26	0.19	21.96	0.09	2159	419.88	259.67	-1.67	0.08	-0.04	0.10	21.47	0.07
2060	388.81	329.97	-0.49	0.23	-0.06	0.19	22.44	0.15	2160	420.77	306.79			0.32	0.34	23.13	0.24
2061	388.92	170.01	-1.47	0.28	0.18	0.32	22.87	0.23	2161	420.87	195.18	-0.68	0.30	-0.68	0.44	23.61	0.39
2062	389.00	153.58	0.30	0.33	-0.56	0.20	22.49	0.18	2162	421.30	126.31			-0.21	0.21	23.02	0.14
2063	389.08	184.78	-0.93	0.19	0.10	0.16	22.33	0.11	2163	421.82	236.21			1.54	0.28	22.13	0.07
2064	389.14	116.19	-1.12	0.18	-0.47	0.19	23.06	0.14	2164	422.73	456.53			0.50	0.37	22.78	0.13
2065	389.23	17.14			0.56	0.33	22.96	0.14	2165	423.36	171.30	-0.48	0.11	0.15	0.08	21.55	0.05
2066	389.35	334.61	-0.32	0.04	0.02	0.34	20.20	0.04	2166	423.38	293.39	-0.58	0.18	0.94	0.13	21.45	0.07
2067	389.53	146.28	-0.37	0.08	-0.02	0.06	21.02	0.05	2167	423.76	218.56	-0.05	0.10	-0.19	0.04	20.14	0.03
2068	389.63	223.26			1.09	0.42	22.3	0.20	2168	425.55	278.14			-0.28	0.39	23.25	0.17
2069	389.69	380.46	-1.05	0.11	-0.16	0.11	22.09	0.08	2169	425.70	247.77	-0.87	0.21	-0.68	0.20	23.11	0.19
2070	389.93	164.13			0.91	0.18	21.72	0.08	2170	427.30	275.18	-1.29	0.37	0.15	0.33	23.06	0.18
2071	391.39	105.21	-0.58	0.26	0.12	0.20	22.76	0.15	2171	427.02	267.28	-0.74	0.06	-0.20	0.05	20.92	0.0

Tabla A2.1 (continuación).

N	X	Y	(U-9)	S(U-B)	(9-V)	S(B-V)	V	S(V)
2201	439.86	214.81	-0.94	0.58	-0.56	0.44	23.22	0.27
2202	440.67	288.59	-0.94	0.34	0.53	0.28	22.78	0.12
2203	440.78	401.90	-----	-----	1.26	0.27	21.27	0.08
2204	441.58	219.85	-----	-----	0.17	0.48	23.46	0.31
2205	441.85	396.62	0.21	0.45	-0.36	0.19	22.92	0.15
2206	443.07	193.41	-0.82	0.26	0.20	0.21	22.37	0.19
2207	443.32	214.35	-1.00	0.18	-0.41	0.15	22.22	0.10
2208	444.13	227.36	-0.94	0.16	-0.36	0.14	22.33	0.11
2209	444.27	189.89	-0.63	0.12	-0.22	0.10	21.98	0.07
2210	445.90	233.41	-0.52	0.11	-0.11	0.07	21.39	0.05
2211	446.87	139.91	-----	-----	0.10	0.15	22.33	0.10
2212	447.46	221.76	-----	-----	-0.10	0.16	22.35	0.12
2213	447.65	217.76	-1.45	0.18	-0.30	0.24	22.64	0.19
2214	447.81	172.82	-----	-----	0.36	0.23	22.85	0.15
2215	448.18	228.12	-1.09	0.22	-0.04	0.18	22.30	0.12
2216	448.40	199.97	-1.01	0.08	-0.44	0.08	21.75	0.07
2217	449.66	241.98	-----	-----	1.20	0.08	20.91	0.04
2218	450.32	316.15	0.71	0.22	0.89	0.06	20.7	0.04
2219	450.53	205.63	-----	-----	1.21	0.17	21.43	0.05
2220	450.86	230.60	-1.10	0.06	-0.34	0.07	21.34	0.06
2221	451.03	491.59	-----	-----	-0.1	0.27	23.16	0.20
2222	451.17	167.84	-1.15	0.23	-0.54	0.23	23.48	0.11
2223	451.80	101.60	-----	-----	0.80	0.24	22.30	0.09
2224	453.02	72.55	0.55	0.45	0.23	0.23	22.65	0.11
2225	453.19	279.79	0.24	0.17	0.17	0.08	21.70	0.03
2226	454.17	244.78	-0.91	0.23	-0.1	0.28	22.99	0.22
2227	455.31	318.84	0.77	0.31	1.03	0.0	20.98	0.05
2228	455.80	234.33	-----	-----	1.10	0.12	21.11	0.04
2229	457.14	202.09	-----	-----	0.47	0.11	21.63	0.06
2230	457.20	196.01	-0.17	0.09	-0.04	0.06	21.22	0.04
2231	457.29	226.26	-0.75	0.16	-0.36	0.17	22.65	0.13
2232	457.86	167.52	-1.10	0.14	-0.13	0.15	22.66	0.11
2233	458.55	290.83	-----	-----	-0.08	0.42	23.46	0.30
2234	458.75	158.64	-1.07	0.20	-0.13	0.19	22.94	0.13
2245	458.77	493.71	-----	-----	-0.07	0.42	23.28	0.22
2236	459.47	219.91	0.00	0.04	0.24	0.08	19.71	0.08
2237	460.92	146.70	-0.40	0.18	-0.36	0.16	22.72	0.13
2238	461.16	201.16	-1.04	0.14	-0.22	0.17	22.43	0.13
2239	461.43	230.12	-----	-----	0.13	0.34	23.19	0.20
2240	462.27	155.26	0.19	0.05	0.05	0.20	22.88	0.13
2241	463.32	276.10	-0.42	0.26	0.22	0.22	22.46	0.10
2242	463.03	471.54	-----	-----	0.79	0.17	22.04	0.09
2243	465.14	240.36	-0.47	0.05	0.05	0.05	19.93	0.04
2244	465.25	209.52	-0.41	0.10	-0.34	0.10	21.86	0.09
2245	466.29	281.56	-0.26	0.19	0.13	0.20	22.58	0.11
2246	471.08	749.80	-0.08	0.07	-0.04	0.07	21.18	0.06
2247	472.59	261.44	-----	-----	0.24	0.25	23.64	0.15
2248	473.91	116.10	-0.99	0.14	0.29	0.14	22.05	0.09
2249	477.20	133.36	-----	-----	0.15	0.20	22.67	0.11
2250	480.84	211.11	-----	-----	0.18	0.25	22.30	0.13
2251	481.05	324.51	-----	-----	1.14	0.12	21.75	0.04
2252	482.32	191.57	-----	-----	0.15	0.14	22.42	0.08
2253	482.95	62.95	-1.30	0.12	0.17	0.17	22.11	0.14
2254	485.07	458.15	-----	-----	-0.31	0.25	23.12	0.13
2255	487.96	54.04	-0.18	0.05	0.66	0.05	19.55	0.03
2256	489.76	318.92	-0.16	0.11	0.02	0.07	21.44	0.04
2257	490.78	11.61	-----	-----	1.53	0.06	20.11	0.03
2258	492.14	92.14	-----	-----	0.15	0.38	23.46	0.24
2259	494.47	351.43	-----	-----	-0.23	0.10	22.11	0.07
2260	494.63	126.99	-----	-----	-0.21	0.37	23.54	0.25
2261	495.32	386.48	-1.27	0.06	-0.23	0.06	21.27	0.04
2262	500.52	375.33	-----	-----	0.80	0.19	22.57	0.14
2263	500.91	57.64	-----	-----	1.42	0.16	21.48	0.05
2264	502.75	159.79	-----	-----	-0.31	0.25	23.14	0.21
2265	502.75	45.4	-0.70	0.43	0.23	0.37	22.91	0.1
2266	506.41	379.27	-----	-----	0.91	0.12	21.50	0.07
2267	506.62	285.17	-1.42	0.11	0.97	0.12	21.05	0.07
2268	507.38	451.43	-1.37	0.21	-0.82	0.30	23.13	0.27
2269	507.78	225.83	0.72	0.10	0.11	0.29	20.15	0.28
2270	509.49	441.58	-1.04	0.12	-0.40	0.08	21.20	0.07
2271	512.05	75.71	-0.75	0.17	-0.35	0.15	22.49	0.12
2272	521.66	276.22	-----	-----	-0.30	0.04	20.81	0.03
2273	529.37	457.92	-----	-----	0.67	0.05	19.93	0.04
2274	530.36	233.86	-----	-----	-0.36	0.18	22.12	0.13
2275	536.66	114.80	-----	-----	0.89	0.16	21.91	0.06
2276	537.07	168.49	-----	-----	-0.35	0.21	23.03	0.14
2277	537.21	195.05	-----	-----	-0.22	0.05	19.07	0.04
2278	538.13	160.29	-----	-----	-0.12	0.10	22.19	0.06
2279	546.14	242.44	-----	-----	0.94	0.20	22.10	0.05

Tabla A2.2. Resultados fotométricos de GR 8.

N	X	Y	(U-B)	$\sigma(U-B)$	(B-V)	$\sigma(B-V)$	V	$\sigma(V)$
1	32.05	247.20	—	—	0.15	0.62	24.30	0.41
2	38.56	301.12	—	—	0.38	0.26	23.44	0.13
3	40.21	392.98	—	—	0.55	0.24	23.07	0.10
4	42.91	377.05	-0.80	0.16	-0.19	0.12	22.88	0.10
5	44.83	364.09	-1.07	0.12	-0.35	0.13	22.88	0.09
6	49.61	356.72	—	—	-0.38	0.50	24.50	0.38
7	50.21	251.00	-0.30	0.14	0.29	0.09	22.18	0.05
8	53.72	294.46	-0.15	0.03	0.56	0.02	19.30	0.61
9	55.09	336.43	0.00	0.13	0.21	0.05	21.47	0.04
10	58.79	309.56	—	—	0.92	0.15	22.39	0.06
11	59.78	340.73	—	—	-0.10	0.60	24.43	0.39
12	62.68	398.25	—	—	0.73	0.34	23.67	0.19
13	64.95	317.48	—	—	-0.08	0.22	23.24	0.17
14	65.12	286.11	—	—	-0.56	0.26	23.70	0.22
15	69.40	287.31	—	—	-0.44	0.28	23.74	0.22
16	71.04	292.81	-0.96	0.10	-0.13	0.09	22.31	0.07
17	71.60	321.97	—	—	-0.63	0.30	23.49	0.28
18	73.40	384.49	—	—	-0.08	0.49	24.42	0.36
19	74.86	325.97	—	—	0.03	0.18	22.57	0.10
20	77.18	270.52	-1.04	0.14	0.04	0.15	22.69	0.11
21	77.20	369.84	—	—	-0.25	0.35	23.94	0.26
22	78.24	267.70	—	—	0.45	0.39	23.58	0.23
23	78.85	309.06	-1.02	0.11	-0.79	0.14	20.44	0.11
24	80.19	403.41	—	—	0.34	0.50	24.19	0.32
25	81.75	313.92	-1.06	0.12	-0.21	0.12	20.84	0.08
26	81.80	303.13	-1.22	0.12	0.40	0.13	19.28	0.07
27	82.51	318.36	-1.00	0.21	-0.18	0.18	21.77	0.13
28	82.56	292.17	-0.93	0.09	-0.17	0.08	20.73	0.06
29	85.78	319.21	-0.96	0.07	-0.21	0.08	20.82	0.06
30	85.94	254.19	-1.14	0.12	-0.36	0.16	23.09	0.14
31	86.41	244.95	—	—	0.37	0.15	22.63	0.09
32	88.04	340.98	—	—	0.09	0.22	22.37	0.18
33	88.46	376.69	—	—	0.15	0.51	24.13	0.33
34	89.48	394.72	—	—	-0.64	0.38	24.04	0.32
35	90.29	322.50	-0.79	0.26	0.03	0.24	22.40	0.16
36	91.00	297.61	-1.19	0.10	-0.09	0.11	19.76	0.07
37	94.72	304.79	—	—	1.13	0.11	20.35	0.04
38	95.40	396.41	-0.86	0.26	-0.40	0.24	23.63	0.17
39	95.69	228.09	—	—	0.31	0.35	23.54	0.24
40	95.72	317.00	-0.96	0.04	-0.27	0.05	20.81	0.04
41	95.87	332.93	-0.48	0.06	-0.02	0.05	20.43	0.04
42	98.00	379.24	—	—	0.70	0.30	23.25	0.17
43	98.10	337.16	-0.94	0.17	-0.18	0.15	21.29	0.08
44	98.72	321.85	-0.59	0.11	-0.50	0.11	22.02	0.10
45	98.38	372.34	—	—	0.67	0.21	22.94	0.14
46	100.58	317.79	-0.28	0.16	-0.29	0.14	22.19	0.11
47	100.81	312.13	—	—	-0.24	0.21	22.72	0.14
48	101.63	343.82	—	—	0.14	0.10	19.97	0.07
49	103.41	293.43	-0.63	0.21	0.05	0.20	22.65	0.16
50	103.42	298.10	-1.07	0.06	0.10	0.07	21.36	0.05

Tabla A2.2 (continuación)

N	X	Y	(U-B)	$\sigma(U-B)$	(B-V)	$\sigma(B-V)$	V	$\sigma(V)$
51	103.43	244.03	-0.36	0.29	0.28	0.19	22.48	0.12
52	103.67	260.33	—	—	0.31	0.36	23.77	0.22
53	103.82	318.53	—	—	-0.02	0.21	22.51	0.14
54	104.64	326.86	-0.65	0.16	-0.50	0.17	22.33	0.11
55	104.97	342.21	-1.02	0.05	-0.17	0.06	18.90	0.04
56	106.36	348.10	—	—	-0.90	0.33	22.61	0.30
57	106.63	355.25	-0.42	0.03	0.07	0.02	19.16	0.01
58	106.69	256.00	—	—	1.04	0.40	23.29	0.15
59	107.22	343.27	0.22	0.23	0.19	0.14	19.93	0.09
60	108.84	310.40	-0.78	0.12	0.07	0.13	22.09	0.10
61	109.02	328.33	-0.40	0.20	-0.76	0.17	22.37	0.13
62	109.60	337.68	0.09	0.05	0.67	0.03	18.16	0.02
63	110.55	322.92	0.72	0.41	-0.58	0.15	22.45	0.11
64	111.38	358.96	-0.24	0.17	0.11	0.09	21.68	0.05
65	111.81	362.87	-0.52	0.12	0.06	0.07	21.61	0.05
66	112.15	334.11	-0.74	0.16	-0.76	0.20	21.83	0.16
67	113.66	315.79	-1.12	0.08	-0.25	0.11	22.12	0.09
68	113.79	343.82	-0.30	0.02	0.44	0.02	17.51	0.01
69	114.50	348.27	—	—	-1.03	0.35	23.22	0.31
70	117.77	333.06	-0.72	0.15	-0.06	0.16	22.98	0.11
71	121.24	316.41	—	—	1.28	0.21	22.01	0.08
72	121.55	339.04	-1.00	0.09	-0.09	0.11	21.81	0.09
73	122.96	332.75	0.22	0.11	0.18	0.05	20.68	0.03
74	123.54	345.90	-0.86	0.11	-0.41	0.16	22.41	0.14
75	123.97	366.55	-0.26	0.15	0.35	0.09	21.61	0.07
76	124.00	295.76	—	—	0.48	0.34	23.30	0.17
77	124.38	308.66	—	—	-0.23	0.25	23.15	0.20
78	124.56	319.02	-0.59	0.21	-0.16	0.17	22.65	0.14
79	126.00	348.13	—	—	0.16	0.15	22.18	0.12
80	128.29	285.65	—	—	2.17	0.51	22.64	0.09
81	129.26	336.26	—	—	0.42	0.18	22.25	0.09
82	130.63	329.46	-0.88	0.08	0.23	0.12	20.67	0.10
83	130.69	363.64	-0.70	0.17	0.35	0.13	22.23	0.09
84	131.50	296.94	—	—	0.51	0.27	23.17	0.12
85	133.97	342.94	-1.06	0.15	-0.28	0.16	22.74	0.13
86	134.34	310.73	-0.69	0.22	-0.59	0.21	23.36	0.18
87	135.66	366.71	-0.57	0.01	0.10	0.01	18.99	0.01
88	135.68	337.38	—	—	-0.94	0.28	23.40	0.23
89	135.73	328.03	-0.81	0.31	1.05	0.24	21.83	0.15
90	135.80	376.57	-1.07	0.10	-0.03	0.10	22.19	0.08
91	136.19	361.58	-1.26	0.14	0.23	0.15	22.49	0.12
92	138.08	344.38	-0.30	0.15	-0.50	0.14	22.19	0.11
93	138.27	291.34	—	—	0.68	0.26	22.93	0.13
94	139.02	298.36	—	—	0.81	0.31	23.00	0.20
95	139.30	345.42	—	—	0.28	0.18	22.04	0.09
96	139.78	315.18	—	—	0.38	0.32	23.42	0.18
97	139.94	305.80	—	—	0.03	0.39	23.86	0.29
98	140.54	284.66	—	—	0.06	0.51	24.16	0.32
99	140.64	338.18	-0.72	0.11	-0.45	0.12	22.35	0.10
100	142.97	264.00	-1.18	0.11	-0.17	0.12	22.69	0.09

Tabla A2.2 (continuación)

N	X	Y	(U-B)	$\sigma(U-B)$	(B-V)	$\sigma(B-V)$	V	$\sigma(V)$
101	143.02	372.31	-0.77	0.17	-0.55	0.17	22.94	0.14
102	143.86	290.52	-0.82	0.37	0.50	0.22	22.82	0.11
103	143.97	329.77	0.03	0.48	0.69	0.24	22.19	0.12
104	146.20	371.18	—	—	1.08	0.34	22.80	0.15
105	146.47	333.06	—	—	0.56	0.18	22.33	0.13
106	146.93	322.19	—	—	-0.17	0.16	22.76	0.12
107	147.63	344.52	—	—	-0.29	0.11	21.13	0.10
108	149.23	299.64	—	—	-0.23	0.57	24.33	0.31
109	149.64	348.46	-0.20	0.04	0.53	0.04	19.74	0.03
110	150.12	336.05	-0.80	0.13	0.33	0.11	21.71	0.07
111	150.20	371.51	-1.38	0.42	0.25	0.35	23.16	0.19
112	152.65	333.76	-0.96	0.15	0.09	0.12	22.06	0.08
113	152.95	360.72	—	—	0.21	0.42	23.21	0.32
114	153.03	358.62	-0.15	0.29	-0.49	0.35	23.02	0.33
115	154.00	350.91	-0.51	0.12	1.16	0.11	20.10	0.05
116	155.12	331.71	-0.96	0.08	-0.03	0.08	21.48	0.06
117	155.40	336.26	—	—	0.04	0.13	22.09	0.09
118	155.73	317.67	—	—	0.73	0.26	22.80	0.16
119	156.31	325.28	0.07	0.43	-0.84	0.47	23.74	0.45
120	156.44	351.29	-0.83	0.08	-0.16	0.13	20.88	0.11
121	156.67	342.86	-0.73	0.13	0.06	0.14	21.88	0.10
122	156.68	363.53	—	—	0.03	0.55	24.12	0.41
123	157.40	353.55	-0.89	0.09	0.13	0.09	20.92	0.07
124	157.77	359.16	—	—	-0.02	0.40	23.40	0.34
125	160.02	333.78	0.04	0.01	0.14	0.02	18.67	0.01
126	163.55	356.58	0.12	0.04	0.00	0.03	19.96	0.03
127	164.65	346.83	—	—	1.35	0.06	20.52	0.03
128	166.17	331.09	-0.98	0.05	-0.10	0.06	21.31	0.04
129	169.80	347.00	-1.53	0.42	0.65	0.38	23.10	0.20
130	169.90	374.48	—	—	1.69	6.15	21.61	0.04
131	170.36	333.22	-0.71	0.24	-0.38	0.32	23.15	0.28
132	171.99	320.75	-1.11	0.10	-0.25	0.09	22.39	0.07
133	173.27	408.91	—	—	1.07	0.54	23.43	0.23
134	175.98	381.41	—	—	-0.42	0.14	23.08	0.11
135	176.20	353.68	—	—	-0.28	0.38	23.58	0.31
136	180.85	387.65	—	—	-0.33	0.24	23.79	0.17
137	182.83	370.05	—	—	-0.35	0.22	23.52	0.18
138	186.67	378.68	—	—	0.41	0.24	23.20	0.14
139	190.06	371.10	—	—	-0.06	0.20	23.18	0.15
140	197.60	335.20	—	—	0.35	0.46	23.72	0.25
141	201.15	358.20	—	—	0.18	0.24	23.40	0.13
142	205.39	301.23	—	—	0.31	0.24	23.11	0.18

Tabla A2.3 Resultados fotométricos de DDO 187.

N	X	Y	(B-V)	$\sigma(B-V)$	V	$\sigma(V)$
1	153.64	413.57	0.90	0.14	22.14	0.06
2	173.30	366.91	-0.16	0.23	22.65	0.21
3	179.72	368.74	0.11	0.22	22.62	0.19
4	183.20	337.89	-0.54	0.22	23.02	0.19
5	187.76	365.25	1.74	0.13	20.99	0.03
6	187.89	342.48	0.31	0.11	21.95	0.07
7	190.46	332.35	0.01	0.20	22.72	0.16
8	191.61	375.28	-0.09	0.08	21.91	0.07
9	192.37	315.43	0.90	0.16	21.82	0.07
10	194.88	351.43	0.65	0.14	21.85	0.06
11	196.59	338.58	0.26	0.18	21.70	0.13
12	196.97	369.97	0.02	0.09	21.55	0.07
13	198.41	409.99	1.39	0.09	21.49	0.04
14	199.23	349.30	-0.61	0.18	22.63	0.15
15	200.59	317.18	-0.17	0.13	21.07	0.12
16	201.68	419.78	-0.38	0.07	21.98	0.06
17	202.09	334.01	0.78	0.11	21.64	0.07
18	202.80	324.35	1.15	0.24	22.17	0.11
19	205.97	342.43	0.85	0.25	22.43	0.13
20	206.37	309.44	-1.08	0.26	22.91	0.24
21	207.60	319.21	-0.09	0.07	21.20	0.05
22	209.99	367.35	0.25	0.11	21.39	0.07
23	213.75	348.59	0.22	0.13	21.24	0.09
24	213.76	360.70	0.08	0.13	21.33	0.10
25	214.13	308.00	-0.82	0.15	22.19	0.14
26	217.65	334.23	0.34	0.15	21.77	0.11
27	217.68	355.72	-0.23	0.15	22.06	0.13
28	218.55	344.09	-0.56	0.17	22.73	0.13
29	219.39	331.02	1.77	0.37	22.54	0.17
30	224.49	352.29	-0.44	0.35	22.95	0.31
31	224.66	333.24	0.68	0.12	21.78	0.09
32	224.67	347.66	-0.27	0.17	22.40	0.14
33	230.87	310.77	1.27	0.04	19.97	0.02
34	231.54	397.09	-0.13	0.22	22.70	0.16
35	231.74	346.05	0.02	0.12	21.59	0.06
36	232.21	347.68	0.05	0.15	21.58	0.10
37	235.09	340.51	-0.40	0.12	21.59	0.09
38	234.48	387.20	0.17	0.17	22.27	0.12
39	234.53	353.55	-0.18	0.07	20.88	0.06
40	236.92	424.64	0.63	0.13	22.42	0.09

Tabla A2.3 (continuación).

N	X	Y	(B-V)	$\sigma(B-V)$	V	$\sigma(V)$
41	240.20	386.65	1.10	0.20	22.44	0.11
42	241.34	365.00	0.29	0.24	22.67	0.14
43	241.81	380.10	0.73	0.26	22.97	0.18
44	244.87	369.10	-0.19	0.15	22.31	0.14
45	245.30	376.41	1.26	0.29	22.80	0.16
46	247.26	391.21	-0.02	0.30	23.36	0.25
47	247.61	349.32	0.16	0.18	22.33	0.14
48	249.25	344.32	-0.72	0.24	22.72	0.20
49	249.67	364.36	0.39	0.29	22.93	0.17
50	252.53	334.13	0.32	0.16	21.85	0.12
51	258.76	413.09	-0.40	0.34	23.53	0.30
52	261.20	346.02	-0.11	0.10	21.26	0.09
53	262.00	423.69	-0.52	0.37	23.61	0.35
54	264.31	359.59	-0.28	0.24	22.71	0.22
55	264.78	418.31	0.35	0.12	22.25	0.09
56	266.03	350.55	0.06	0.13	21.57	0.10
57	266.28	340.53	0.71	0.17	21.94	0.10
58	266.49	348.01	0.03	0.12	21.51	0.10
59	269.88	366.91	0.79	0.18	22.37	0.09
60	270.07	336.39	0.45	0.14	21.90	0.10
61	275.05	360.93	0.42	0.20	22.28	0.13
62	275.58	330.51	-0.22	0.12	21.42	0.07
63	276.06	391.31	0.50	0.18	22.08	0.12
64	280.14	357.03	0.19	0.25	22.28	0.22
65	281.18	361.99	0.22	0.25	22.73	0.17
66	283.50	334.61	0.07	0.15	21.66	0.09
67	286.70	405.53	0.45	0.13	22.18	0.09
68	287.46	424.13	2.09	0.41	22.64	0.09
69	288.73	375.47	1.14	0.25	22.62	0.14
70	292.59	422.25	1.08	0.28	22.99	0.13
71	293.34	354.04	0.51	0.16	22.28	0.12
72	295.61	356.32	0.40	0.18	22.61	0.14
73	300.24	389.58	0.96	0.12	21.80	0.08
74	301.55	378.23	0.12	0.28	23.06	0.23
75	303.12	395.96	1.31	0.24	22.61	0.13
76	317.55	359.46	1.29	0.30	22.51	0.10
77	318.60	317.70	1.36	0.33	22.85	0.09