Capítulo 2

La galaxia compacta azul Mrk 86: Observaciones, reducción y análisis

A lo largo de este capítulo describiremos las observaciones, procedimientos de reducción y métodos de análisis empleados durante este trabajo. En siguientes capítulos nos centraremos en el estudio las poblaciones estelares (Capítulo 5) y cinemática (Capítulo 6) de esta galaxia. El conocimiento de la historia de la formación estelar en este objeto nos permitirá acercarnos a comprender el papel de estas galaxias dentro del conjunto de galaxias con formación estelar y la relación entre las galaxias BCD y otros tipos de galaxias enanas (véase el Capítulo 7).

2.1 Observaciones

2.1.1 Imágenes ópticas

Desde el año 1992 se obtuvieron gran número de imágenes ópticas de esta galaxia en diferentes telescopios y con diferentes configuraciones instrumentales, tanto en bandas anchas ($BVrR$) como estrechas (Hα y [O III]λ5007).

En primer lugar se obtuvo una imagen en la banda B de Johnson en el telescopio de 1m Jacobus Kapteyn (JKT) del observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma) en Noviembre de 1997. El detector empleado fue un CCD Tek#4 de 1024×1024 pixeles de 24 μm situado en el foco Cassegrain de dicho telescopio. Esta configuración instrumental proporcionó un campo total de $5'.6\times5'.6$ con una escala espacial de $0.33''$ pixel^{-1}. Se tomó así mismo una imagen en la banda V de Johnson en el telescopio español de 1.52m (EOCA, Calar Alto) en Diciembre de 1993, usando una cámara CCD de 1024×1024 pixeles de 19 μm (cortesía de la Dra. Carme Jordi y el Dr. David Galadí). El campo total cubierto por esta cámara fue de $5'.6\times5'.6$ con una escala de $0.33''$ pixel^{-1}.

Finalmente, se obtuvieron imágenes en los filtros r de Gunn y R de Johnson. La imagen en banda r de Gunn fue tomada en el telescopio de 2.2m del observatorio de Calar Alto en Febrero de 1992. El detector empleado fue un CCD GEC de 800×1156 pixeles de 30 μm, que proporcionó un campo total de $2'.6\times5'.2$ con una escala espacial de $0''.27$ pixel^{-1}. La imagen en el filtro R de Johnson se tomó con la cámara de gran campo (WFC; del inglés *Wide Field Camera*) del telescopio Isaac Newton (INT) en Noviembre de 1998 durante el período de tiempo de servicio. La cámara WFC está compuesta por cuatro CCDs EEV42 de 2k$\times$4k pixeles de 13.5 μm.

Por otro lado, se tomaron imágenes en banda estrecha en las longitudes de onda de las líneas de emisión de [O III]λ5007 y Hα. La imagen en [O III]λ5007 fue obtenida con un filtro de 50 Å de anchura centrado en λ_0=5012 Å, durante tiempo de servicio en Diciembre de 1993 en el telescopio INT (La Palma). El detector empleado, un CCD EEV5 de 1280×1180 pixeles de 22.5 μm, proporcionó un campo total de $12'.2\times11'.2$ con una escala de $0''.57$ pixel^{-1}. Finalmente, fueron tomadas dos imágenes en la línea Hα. La primera de ellas se adquirió en el telescopio INT (La Palma) con la misma configuración instrumental que la imagen en [O III]λ5007. El filtro utilizado en este caso tenía una anchura de 60 Å y estaba centrado en λ_0=6556 Å. Junto con esta imagen fue obtenida una imagen de continuo ($\lambda_0^{\rm cont}$=6607 Å, FWHM=53 Å) a fin de obtener una imagen de Hα libre de continuo a partir de estas dos imágenes. Por último, una imagen adicional en Hα de esta galaxia fue tomada en Noviembre de 1998 empleando la WFC del telescopio INT (La Palma).

En la Tabla 2.1 se muestran las principales características de estas imágenes, incluyendo tiempo de exposición, escala espacial y resolución.

Tabla 2.1: Catálogo de imágenes de Mrk 86.

Telescopio	Tiempo Exp.(s)	Filtro	Escala ($''$ pixel^{-1})	PSF ($''$)
JKT 1.0-m	600	B	0.33	1.0
EOCA 1.52-m	2400	V	0.33	1.6
CAHA 2.2-m	600	r	0.27	1.9
INT 2.5-m	900	R	0.33	1.2
INT 2.5-m	900	[O III]λ5007	0.57	2.5
INT 2.5-m	900	Hα	0.57	2.3
INT 2.5-m	7200	Hα	0.33	1.2
KPNO 2.3-m	900	J	0.66	1.8
KPNO 2.3-m	360	H	0.66	1.6
KPNO 2.3-m	540	Ks	0.66	1.7

2.1.2 Imágenes infrarrojas

Se obtuvieron imágenes infrarrojas (nIR) de la galaxia Mrk 86 en las bandas J (λ_0 = 1.25 μm, FWHM = 0.30 μm), H (λ_0 = 1.65 μm, FWHM = 0.28 μm) y Ks (λ_0 = 2.15 μm, FWHM = 0.33 μm) en Enero de 1998 en el telescopio Bok de 2.3m situado en el observatorio KPNO (*Kitt Peak National Observatory*). La cámara utilizada incorpora un detector tipo NICMOS3 de 256×256 pixeles. El campo total cubierto fue de $2\overset{'}{.}8\times2\overset{'}{.}8$ con una escala de $0\overset{''}{.}66$ pixel^{-1}. El procedimiento de observación fue similar al descrito en el Capítulo 4 (véase también Aragón-Salamanca et al. 1993). El tiempo total de integración (véase la Tabla 2.1) se subdividió en varias imágenes individuales a fin de evitar la saturación del detector. Se emplearon los mismos tiempos de exposición en la observación del cielo adyacente a los objetos y en la de los objetos propiamente dichos (véase la Secc. 2.2.2).

En la Figura 2.4 se muestran las imágenes en bandas J, H y Ks, junto con las obtenidas en los filtros de banda ancha BVR y las imágenes en banda estrecha de Hα (Noviembre 1998) y [O III]λ5007.

2.1.3 Espectroscopía óptica

Fueron obtenidos para este trabajo un total de 14 espectros ópticos de rendija larga. Estos espectros se tomaron en 10 posiciones y orientaciones de rendija distintas (véase la Figura 2.1). Un resumen de las principales características de estos espectros se muestra en la Tabla 2.2.

En primer lugar, se obtuvieron 11 espectros de resolución baja-intermedia con el espectrógrafo Boller & Chivens situado en el foco Cassegrain del telescopio de 2.2m del observatorio de Calar Alto (Almería). La red de difracción empleada, de 600 líneas mm^{-1} proporcionó una resolución espectral (FWHM) de 6 Å en la longitud de onda de Hα y una dispersión aproximada de 2.65 Å $pixel^{-1}$ para una anchura de rendija de $2.65''$. Estos espectros fueron tomados durante el mes de Enero de 1993 usando un detector CCD Tek de 1024×1024 pixeles de 24 μm, que propocionó una escala espacial de $1''.43$ $pixel^{-1}$. El rango espectral cubierto fue de 2500 Å, por lo que se seleccionaron dos ángulos de red diferentes para cubrir tanto la región azul (~3300-5800 Å) como la región roja del espectro (~4350-7045 Å). La pérdida de luz azul en los espectros debido a refracción atmosférica puede suponerse despreciable debido a que estos espectros fueron obtenidos en todos los casos a masas de aire menores de 1.2. Los espectros bidimensionales de baja resolución obtenidos se muestran en la Figura 2.6.

Así mismo, se obtuvieron tres espectros de alta resolución (#7R, #8R, #9R) con el espectrógrafo IDS (del inglés *Intermediate Dispersion Spectrograph*) en el telescopio INT del observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma) en Enero de 1998. La red de difracción (1200 líneas mm^{-1}; R1200Y) y cámara (500 mm) empleadas permitieron alcanzar una resolución espectral (FWHM) en la longitud de onda de Hα de 0.9 Å con una dispersión recíproca de 0.39 Å $pixel^{-1}$ para una anchura de rendija de $1''$. El detector empleado fue un CCD Tek de 1024×1024 pixeles de 24 μm, con una escala espacial de $0''.4$ $pixel^{-1}$. Los espectros bidimensionales de alta resolución obtenidos se muestran en la Figura 2.7.

Se tuvo especial cuidado en situar en la misma posición las rendijas correspondientes a los rangos azul y rojo de los espectros de baja resolución (1b-1r, 2b-2r, 4b-4r, etcétera). Sin embargo, debido a las características del espectrógrafo empleado, en algunos casos se produjeron leves desplazamientos (ver rendijas 4b-4r en la Figura 2.1). A fin de determinar las posición exacta de cada una de las rendijas se desarrolló un algoritmo basado en la comparación de los perfiles espaciales de los

Tabla 2.2: Resumen de las observaciones espectroscópicas.

Telescopio	Tiempo exp. (s)	Rendija	Rango espectral (nm)	Dispersión (Å pixel^{-1})
CAHA 2.2-m	3600	1,2,4,6b	330-580	2.65
CAHA 2.2-m	1800	5b	330-580	2.65
CAHA 2.2-m	3600	1,2,4,5,6r	435-704	2.65
CAHA 2.2-m	3600	3	390-650	2.65
INT 2.5-m	1800	7,8R	637-677	0.39
INT 2.5-m	900	9R	637-677	0.39

espectros con las imágenes en banda ancha.

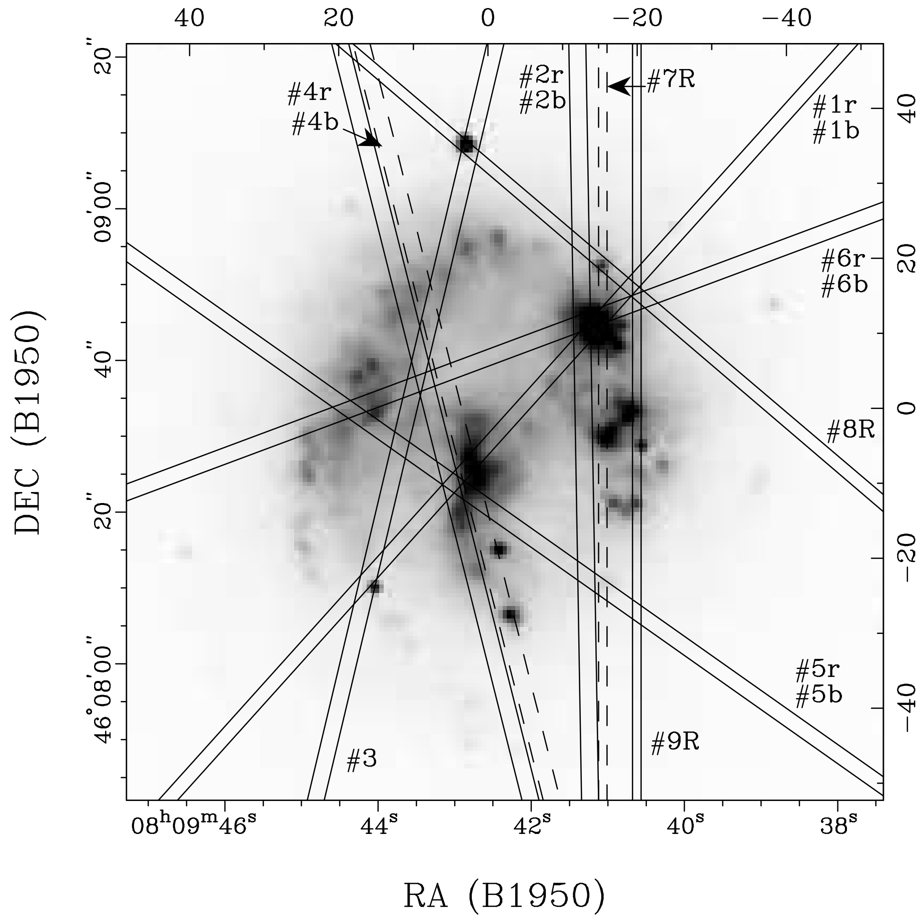
En primer lugar se convolucionó cada uno de los espectros en los rangos azul y rojo respectivamente con los filtros B y V. Una vez hecho esto, se recortaron las imágenes B y V en diferentes posiciones adyacentes (y diferentes ángulos de posición) respecto a la posición nominal de las rendijas y se compararon las cuentas medidas con el flujo del espectro convolucionado. Se determinó entonces la posición de cada rendija como aquella que daba lugar a una mejor correlación entre las cuentas medidas en la imagen recortada y los flujos medidos en el espectro a lo largo de la dirección espacial.

En la Figura 2.2 se muestran los perfiles espaciales a lo largo de la rendijas #1r y #5r junto con los cortes en la imagen en banda V para las posiciones deducidas para estas rendijas . Por su parte, en la Figura 2.3 se representa la correlación pixel a pixel de estos perfiles así como el mejor ajuste a una recta. Repitiendo este proceso para todos los espectros se obtuvieron las posiciones y orientaciones mostradas en la Figura 2.1.

2.1.4 Espectroscopía ultravioleta

Se obtuvo, por último, un espectro ultravioleta (UV) procedente del archivo final del telescopio IUE (del inglés *International Ultraviolet Explorer*). Este espectro –SWP18927– (véase la Figura 2.13) fue originalmente tomado por Alloin y Duflot en Enero de 1983 (véase Bonatto et al. 1999). El tiempo total de exposición del mismo fue de 24000 s. Fue obtenido en modo de baja dispersión con la cámara

Figura 2.1: Imagen en banda B de Johnson de Mrk 86 indicando la posición de las rendijas.

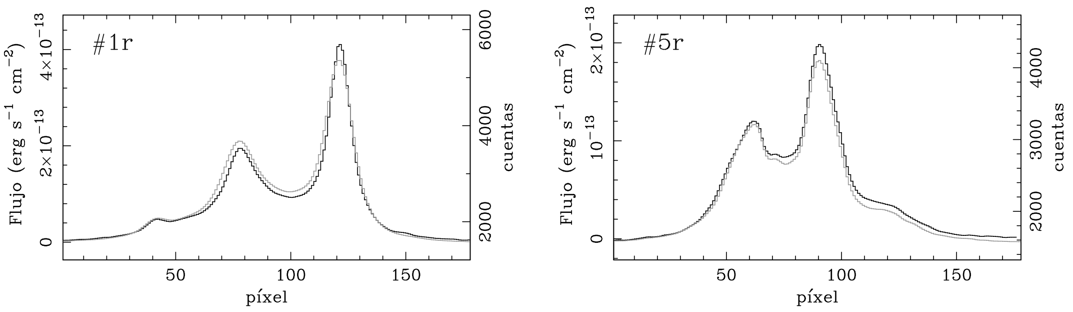


SWP. El rango espectral cubierto en esta configuración instrumental fue 1150-1975 Å obteniéndose un poder de resolución, R, de entre 270 y 300 (Cassatella et al.1985).

2.1.5 Interferometría Fabry-Pérot

A fin de estudiar el campo de velocidad global de esta galaxia se obtuvo una imagen de interferometría Fabry-Pérot centrada en la línea de emisión Hα. Se escogió esta línea por ser, a la luz de los resultados de la espectroscopía de rendija larga, la de mayor intensidad. El instrumento utilizado fue el Fabry-Pérot TAURUS II situado en el foco Cassegrain del telescopio de 4.2m William Herschel del observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma). Las observaciones fueron tomadas en tiempo

Figura 2.2: Comparación entre el número de cuentas en la imagen V (*color negro*) y el flujo de los espectros convolucionados (*color gris*) #1r (*izquierda*) y #5r (*derecha*) para las posiciones de rendija correspondientes.



de servicio el día 10 Mayo de 1995. El detector empleado fue un CCD Tek de 1024×1024 pixeles de 24 μm.

Con objeto de seleccionar la región espectral de interés, y evitar la superposición de diferentes órdenes, se empleó un filtro interferencial de 15 Å de anchura centrado en 6577 Å. A continuación de este filtro se colocó un etalón con una distancia nominal entre placas de 125 μm. Desplazando las láminas del etalón respecto a esta posición nóminal se obtuvieron un total de 65 imágenes individuales.

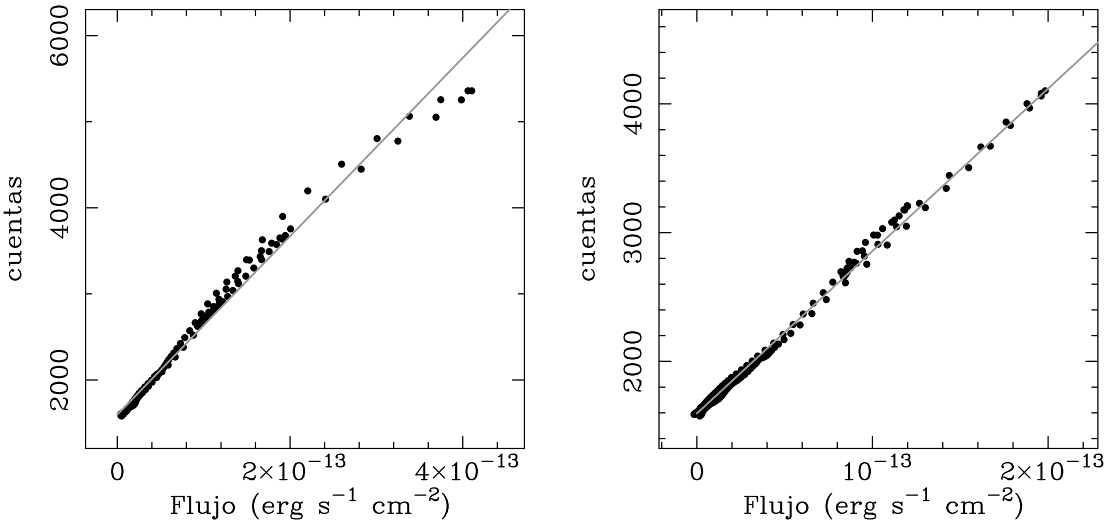
2.2 Reducción y calibración de las observaciones

2.2.1 Imágenes ópticas

Las imágenes ópticas, tanto de banda ancha como de banda estrecha, se redujeron siguiendo los procedimientos estándar de (1) eliminación de los rayos cósmicos y pixeles defectuosos presentes en las imágenes, (2) substracción del nivel *bias*, (3) eliminación de la corriente de oscuridad, (4) corrección de *flat-field*. El proceso de reducción de estas imágenes fue llevado a cabo haciendo uso de los paquetes de *software* MIDAS (*Munich Image and Data Analysis System*; imágenes V, r, [O III]λ5007 y Hα –Diciembre 1993–) y IRAF (*Image Reduction and Analysis Facility*; imágenes BR y Hα –Noviembre 1998–).

La imágenes B, V y r fueron calibradas en flujo observando repetidamente

Figura 2.3: Comparación entre el número de cuentas en la imagen V y el flujo de los espectros #1r (*izquierda*) y #5r (*derecha*). La recta en gris representa el mejor ajuste en cada caso.



un conjunto de estrellas estándar extraídas de las listas de Kent (1985) y Landolt (1992). Por último, la imagen en banda R obtenida en tiempo de servicio fue calibrada mediante la comparación de su perfil de brillo superficial con el publicado por Papaderos et al. (1996a).

En el caso de las imágenes de banda estrecha, [O III]λ5007 y Hα (Noviembre 1998), en primer lugar se substrajo la contribución del continuo a los filtros utilizando las imágenes V y R, respectivamente. En el caso de la imagen Hα obtenida en Diciembre de 1993, se utilizó la imagen de continuo adyacente. A continuación, se procedió a calibrar en flujo estas imágenes mediante la comparación de las mismas con los datos de espectroscopía de rendija. En primer lugar, se recortaron en las imágenes aquellas regiones cubiertas por las rendijas. En el caso de la imagen en [O III]λ5007 se utilizaron los espectros obtenidos en el rango azul (b) y en el caso de la imagen Hα los correspondientes al rango rojo (r). Los espectros b y r se convolucionaron entonces con las curvas respuestas de los filtros estrechos. A continuación, se compararon las cuentas medidas sobre las regiones cubiertas por las rendijas en las imágenes con el flujo de los espectros convolucionados. Una vez hecho esto se corrigieron las relaciones obtenidas de la respuesta del filtro a la longitud de onda correspondiente a las líneas, y finalmente, en el caso de las imágenes Hα, se corrigieron estas relaciones de la contribución de las líneas de Nitrógeno, [N II]λ6548 y [N II]λ6583. Este proceso se repitió para todas las rendijas (#1,2,4,5,6b y r) obteniéndose diferencias menores del 10 por ciento.

2.2.2 Imágenes infrarrojas

El proceso de reducción seguido para las imágenes infrarrojas fue similar al descrito en el Capítulo 4. Este proceso incluye: (1) substracción del nivel *bias* y la corriente de oscuridad de las imágenes de cielo y de objeto, (2) corrección de la variación de la sensibilidad pixel a pixel mediante la división por la imagen de *flat-field*, (3) substración del cielo, (4) alineamiento de las imágenes individuales de los objetos y (5) combinación de las mismas. En este proceso de reducción las imágenes de *flat-field* fueron obtenidas a partir de la combinación de gran número de imágenes de cielo (véase la Secc. 4.2.1).

La calibración en flujo de estas imágenes fue llevada a cabo mediante la observación de estrellas estándar de la lista de Elias et al. (1982) a las mismas masas de aire que las imágenes de la galaxia.

A fin de realizar la calibración de las imágenes en banda Ks se asumió que la corrección entre el filtro Ks y el K' ($K' \equiv KM$; $\lambda_0 = 2.12\,\mu$m, FWHM $= 0.34\,\mu$m; Wainscoat & Cowie 1992) es independiente del color. Para comprobar la validez de esta suposición se convolucionaron las funciones respuesta de los filtros K' y Ks con la distribución de energía de un cuerpo negro. Se definió entonces,

$$F_{Ks} = \int d\lambda B_\lambda f_{\lambda,Ks} \quad ; \quad F_{K'} = \int d\lambda B_\lambda f_{\lambda,K'} \tag{2.1}$$

donde $f_{\lambda,Ks}$ y $f_{\lambda,K'}$ son las funciones respuesta de ambos filtros y B_λ es la función de Planck. Estudiando el comportamiento de estos flujos para diferentes temperaturas en el rango 2000-10000 K se encontró que la variación máxima de $2.5\times\log(F_{Ks}/F_{K'})$ fue de $0.037^{\rm m}$. Teniendo en cuenta que esta diferencia se reduce a menos de $0.015^{\rm m}$ en el intervalo 4000-10000 K podemos asumir que esta corrección es independiente de la la distribución espectral de energía (véase la Figura 2.5). Por último, se transformaron los flujos medidos en banda K' a la banda K estándar ($\lambda_0 = 2.19\,\mu$m, FWHM $= 0.41\,\mu$m) mediante la relación dada por Wainscoat y Cowie (1992), $K'-K$=$0.22\times(H-K)$.

En la Figura 2.4 se muestran las imágenes reducidas correspondientes a las bandas óptico-infrarrojas $BVRJHKs$, [O III]λ5007 y Hα. La calibración astrométrica

Figura 2.4: Imágenes de Mrk 86 en las bandas B y V.

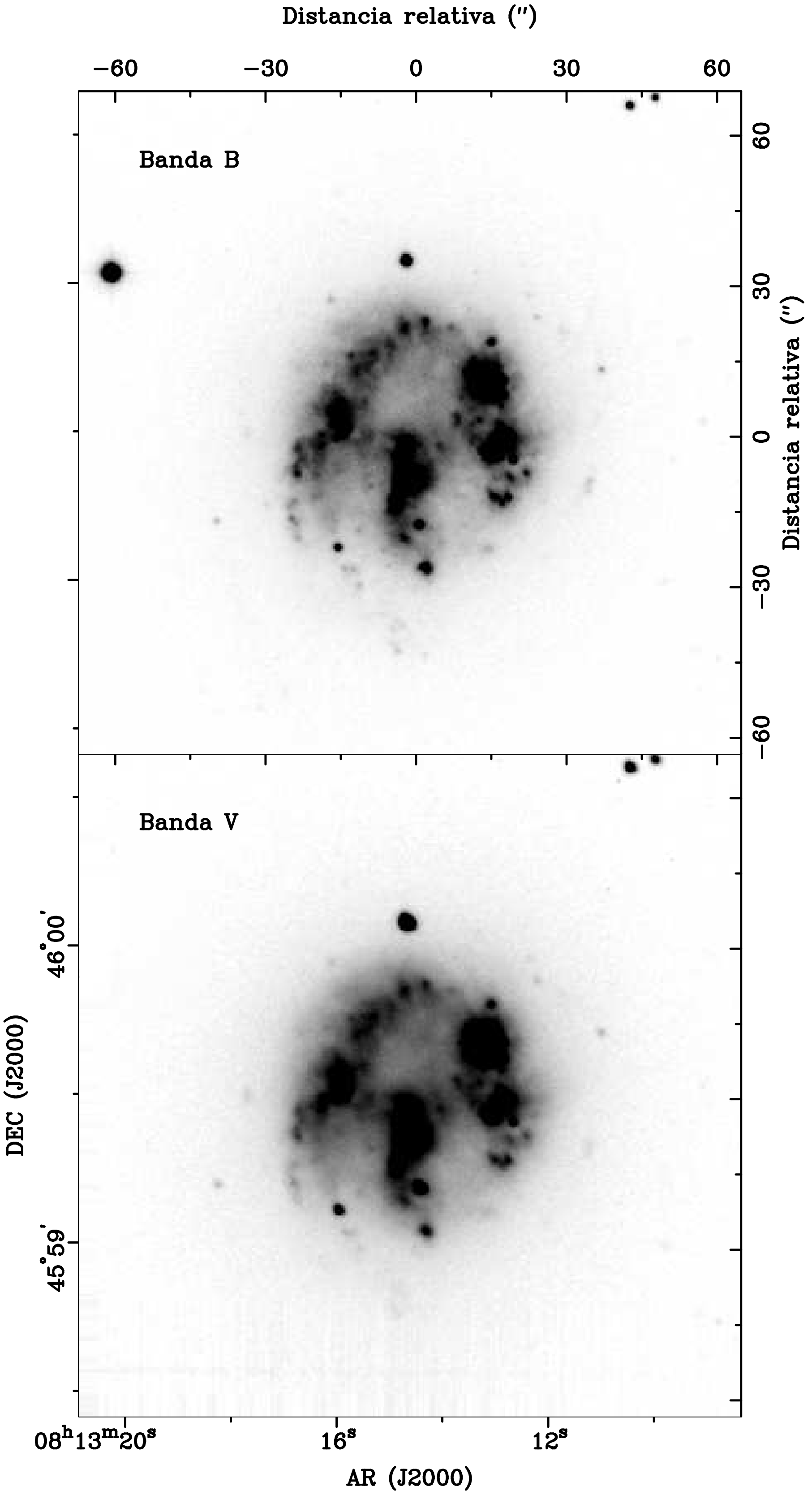


Figura 2.4: Imágenes de Mrk 86 en las bandas R y J.

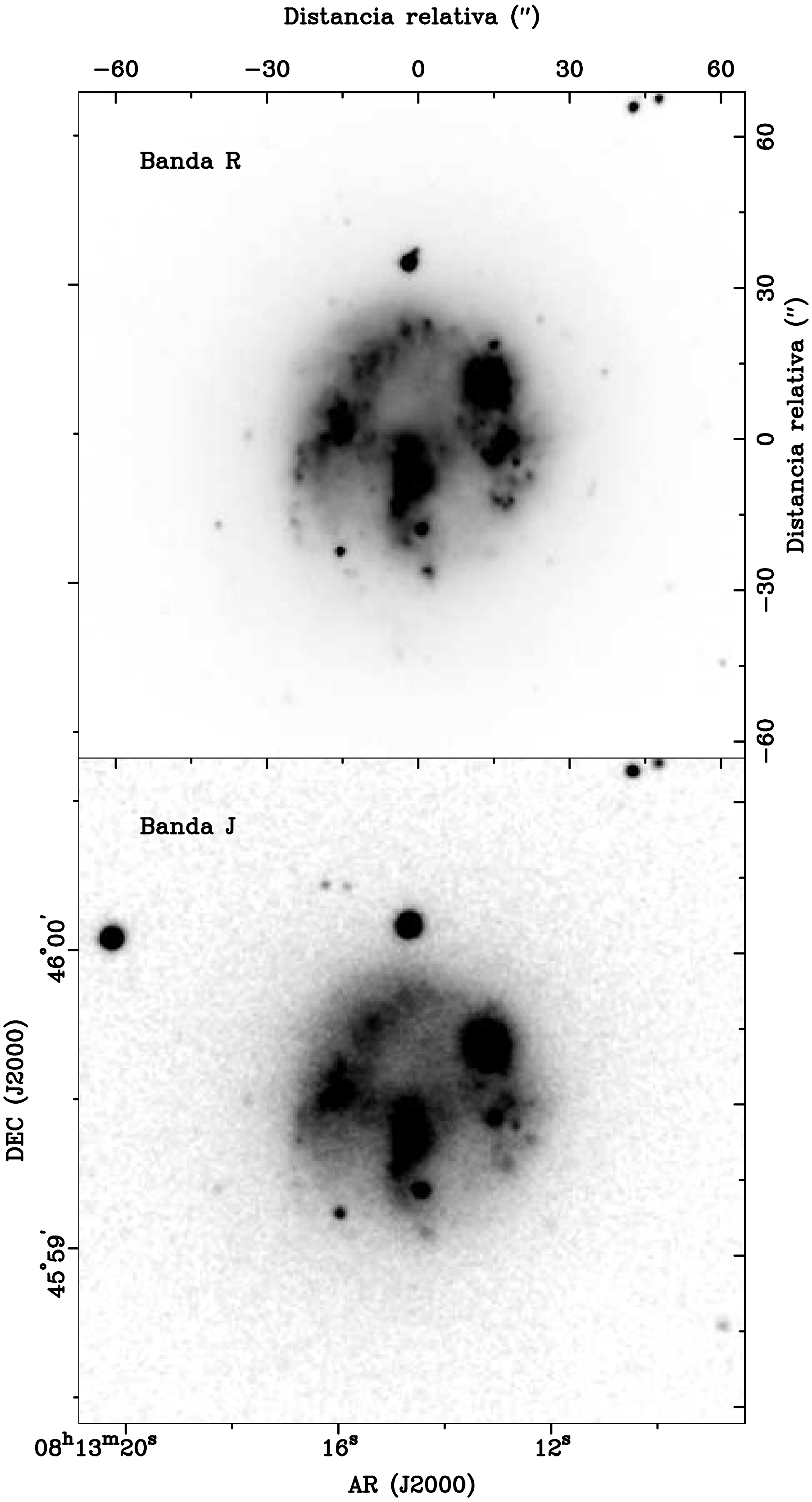


Figura 2.4: Imágenes de Mrk 86 en las bandas H y Ks.

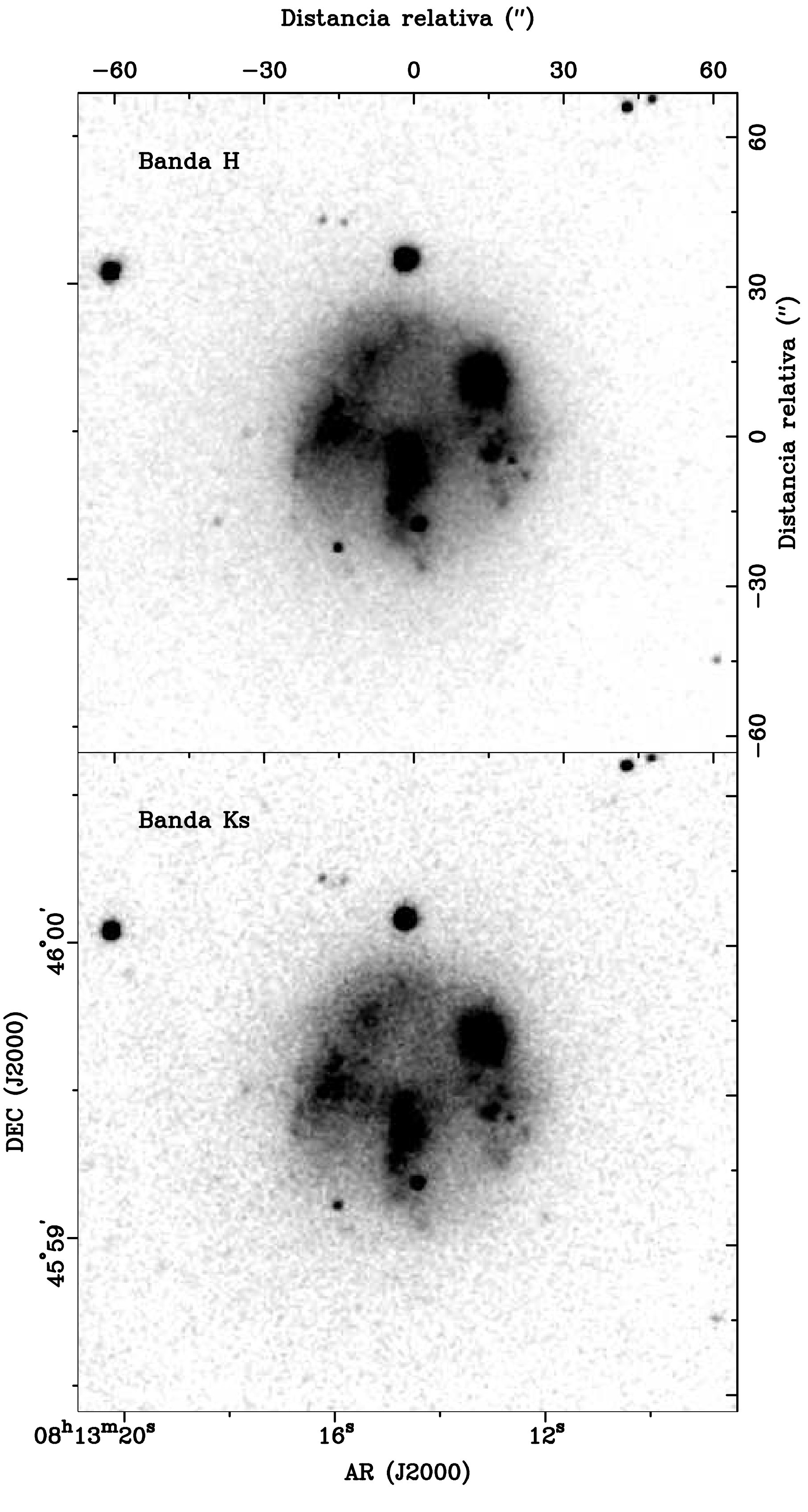


Figura 2.4: Imágenes de Mrk 86 en Hα y [OIII]λ5007.

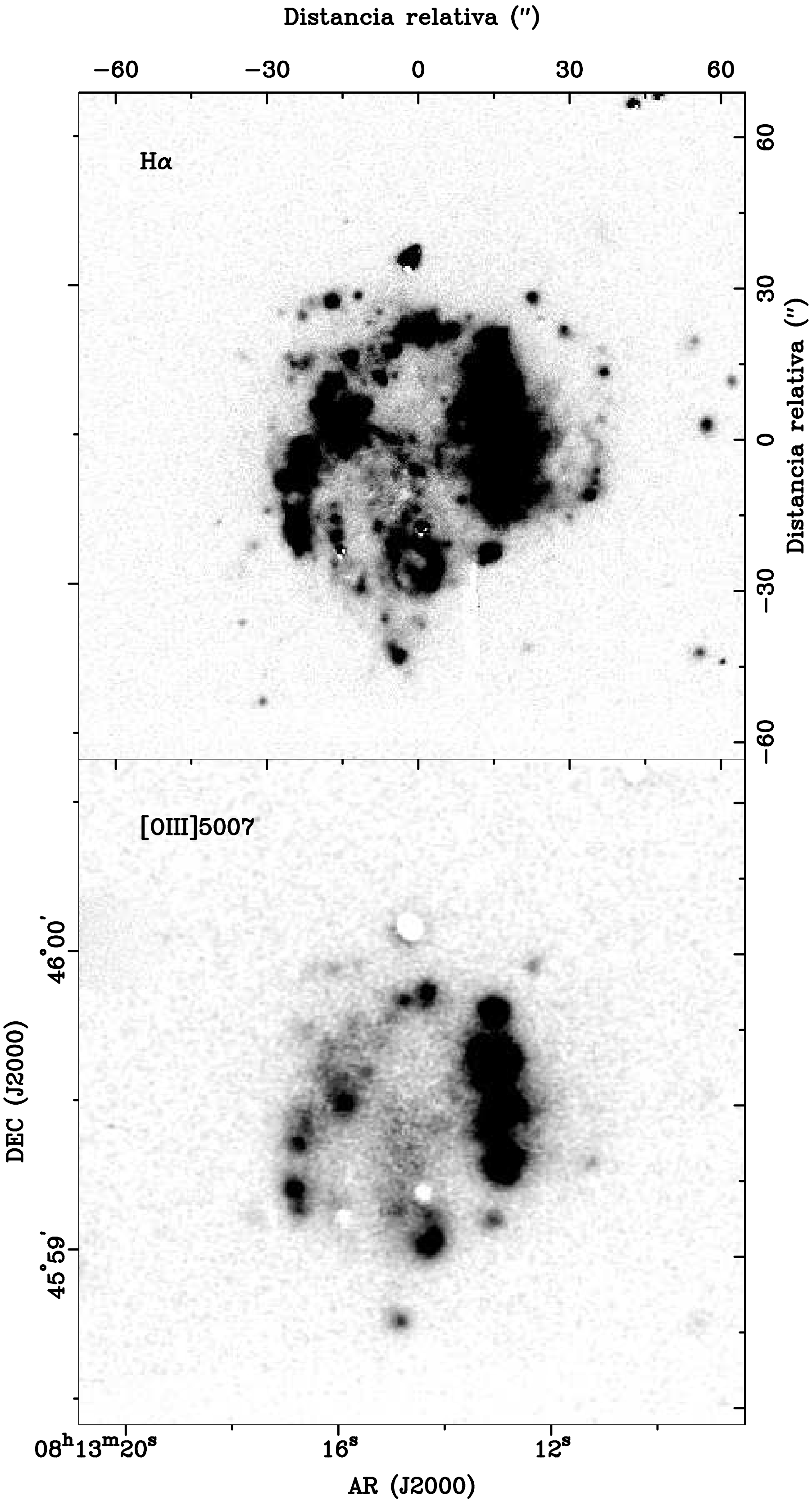
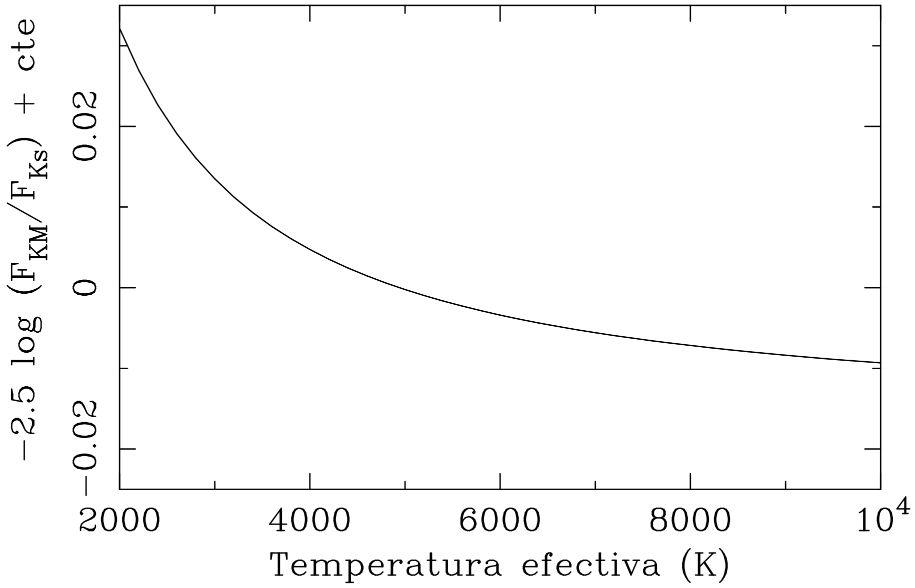


Figura 2.5: Cambio entre las magnitudes en los filtros Ks y K' para un cuerpo negro de diferentes temperaturas.



de estas imágenes fue llevada a cabo mediante el programa PlateAstrom desarrollado dentro del paquete de reducción opera (García-Dabó y Gallego 1999).

2.2.3 Espectroscopía óptica

Los espectros ópticos obtenidos se redujeron siguiendo un procedimiento similar al empleado por el Dr. J. Gallego en su trabajo de tesis doctoral (Gallego 1995). En primer lugar, se eliminaron los rayos cósmicos y defectos de las imágenes bidimensionales mediante la interpolación de los mismos con los valores medidos en pixeles adyacentes. A continuación se substrajeron el nivel *bias* y la corriente de oscuridad. A fin de eliminar la contribución al ruido debida a la lectura de las imágenes de *bias* y *dark* se asumió un valor constante para ambas componentes. La corrección de la variación de sensibilidad pixel a pixel fue llevada a cabo mediante la obtención de imágenes de *flat-field* de cúpula. Estas imágenes de *flat-field* fueron obtenidas a partir de la combinación de un gran número de imágenes individuales con el fin de aumentar la relación señal-ruido de los espectros finales. Una vez corregidos de *bias*, corriente de oscuridad y *flat-field* se procedió a realizar la calibración en longitud de onda de los espectros a partir de su comparación con arcos de calibración de Helio-

Argón. Finalmente, los espectros obtenidos fueron calibrados en flujo absoluto a partir de la observación de estrellas estándar espectrofométricas. Primeramente se corrigieron los espectros de las estrellas estándar de extinción atmosférica asumiendo la curva de extinción, k_λ, del observatorio del Roque de los Muchachos (La Palma) y

$$F_\lambda^{\mathrm{obs}} = F_\lambda \times 10^{-0.4 k_\lambda \sec z}. \tag{2.2}$$

Una vez corregidos estos espectros y conociendo el flujo real de la estrella en erg cm^{-2} s^{-1} Å^{-1} se obtiene la curva respuesta del sistema, S_λ, como

$$S_\lambda = \frac{F_\lambda^{\mathrm{obs},*}}{F_\lambda^*} \tag{2.3}$$

Esta función respuesta se suele suavizar a fin de eliminar ciertas características debidas a la presencia de líneas de absorción en el espectro de las estrellas de calibración. La función respuesta final se obtuvo a partir del promedio de la curvas para diferentes estrellas. Las curvas respuesta individuales eran lo suficientemente similares entre si como para realizar dicho promedio. Una vez obtenida esta función respuesta media se dividen los espectros de la galaxia entre la misma y se corrigen de extinción atmosférica siguiendo la Ecuación 2.2. El hecho de haber supuesto que la curva de extinción para el observatorio de Calar Alto es similar a la medida para el observatorio del Roque de los Muchachos no introduce errores significativos en la calibración en flujo tal y como puso de manifiesto Gallego (1995).

Este procedimiento de reducción, aplicado a cada uno de los espectros de rendija obtenidos (#1,2,4,5,6b y r; #3) dio como resultado el conjunto de imágenes que se muestra en la Figura 2.6. Dicha reducción se llevó a cabo mediante el empleo de diferentes tareas y subrutinas englobadas dentro del programa MIDAS.

El proceso de reducción empleado para el caso de los espectros de alta resolución (#7, 8 y 9R) fue muy similar al utilizado para los espectros de resolución baja-intermedia. Sin embargo, en este caso, la reducción fue llevada a cabo empleando diferentes tareas integradas dentro del paquete IRAF (CCDPROC, CREDIT, RESPONSE, etcétera). Las imágenes bidimensionales resultado de este proceso de reducción se muestran en la Figura 2.7. En estos espectros son claramente visibles las líneas de emisión de [N II]$\lambda\lambda$6548,6583, [S II]$\lambda\lambda$6717,6731 y Hα.

Seguidamente, se realizó la extracción de los espectros unidimensionales correspondientes a las regiones de formación estelar y a la región central de la galaxia. En el caso de las regiones de formación estelar se extrajeron secciones de 4$''$.3×2$''$.65 centradas en el máximo de emisión de la región. Estas secciones corresponden a 3 pixeles

Figura 2.6: Imágenes bidimensionales de los espectros de resolución baja-intermedia. Espectros correspondientes a las rendijas #1b, #2b, #4b, #5b.

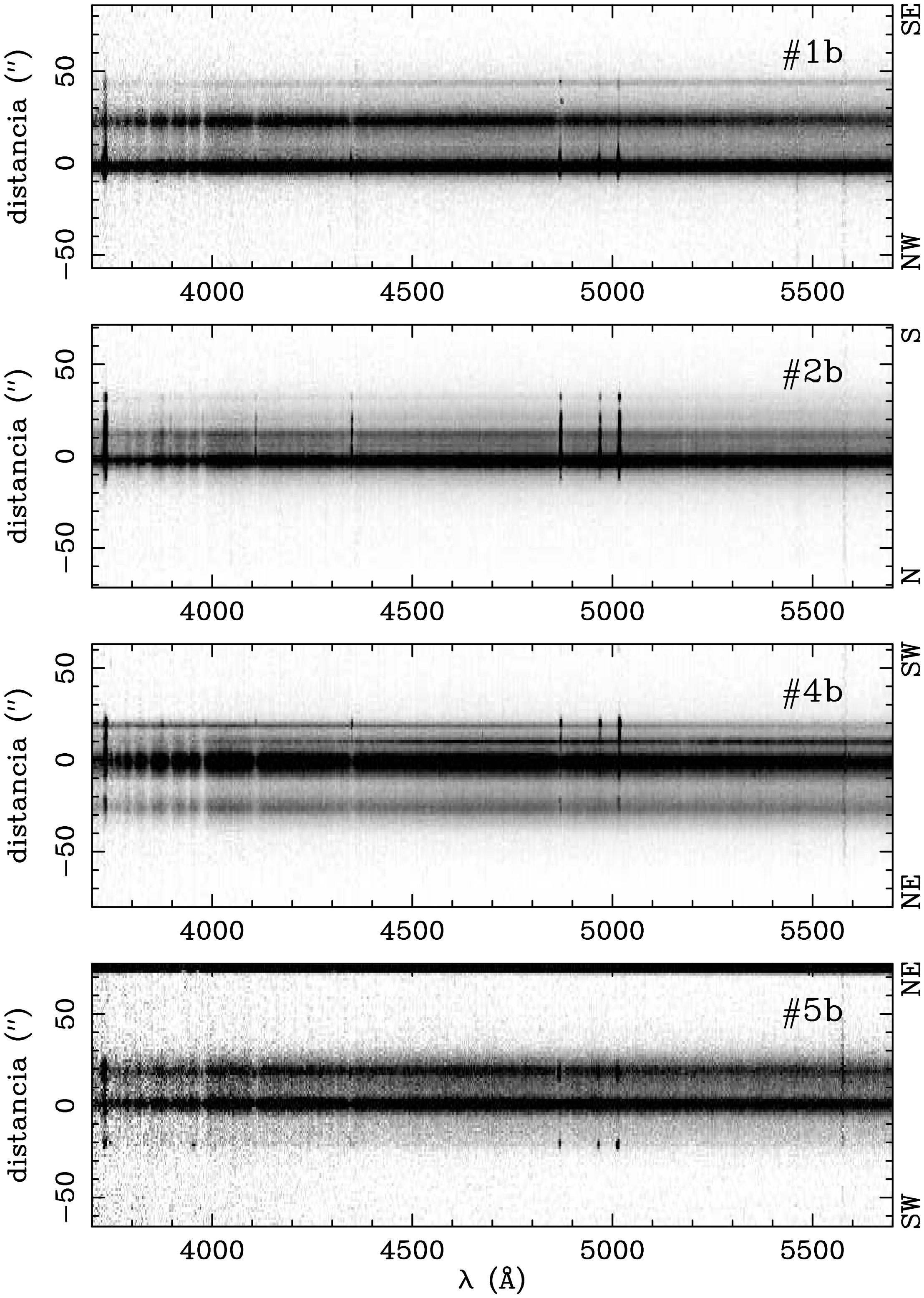


Figura 2.6: (cont.) Imágenes bidimensionales de los espectros de resolución baja-intermedia. Espectros correspondientes a las rendijas #1r, #2r, #4r, #5r.

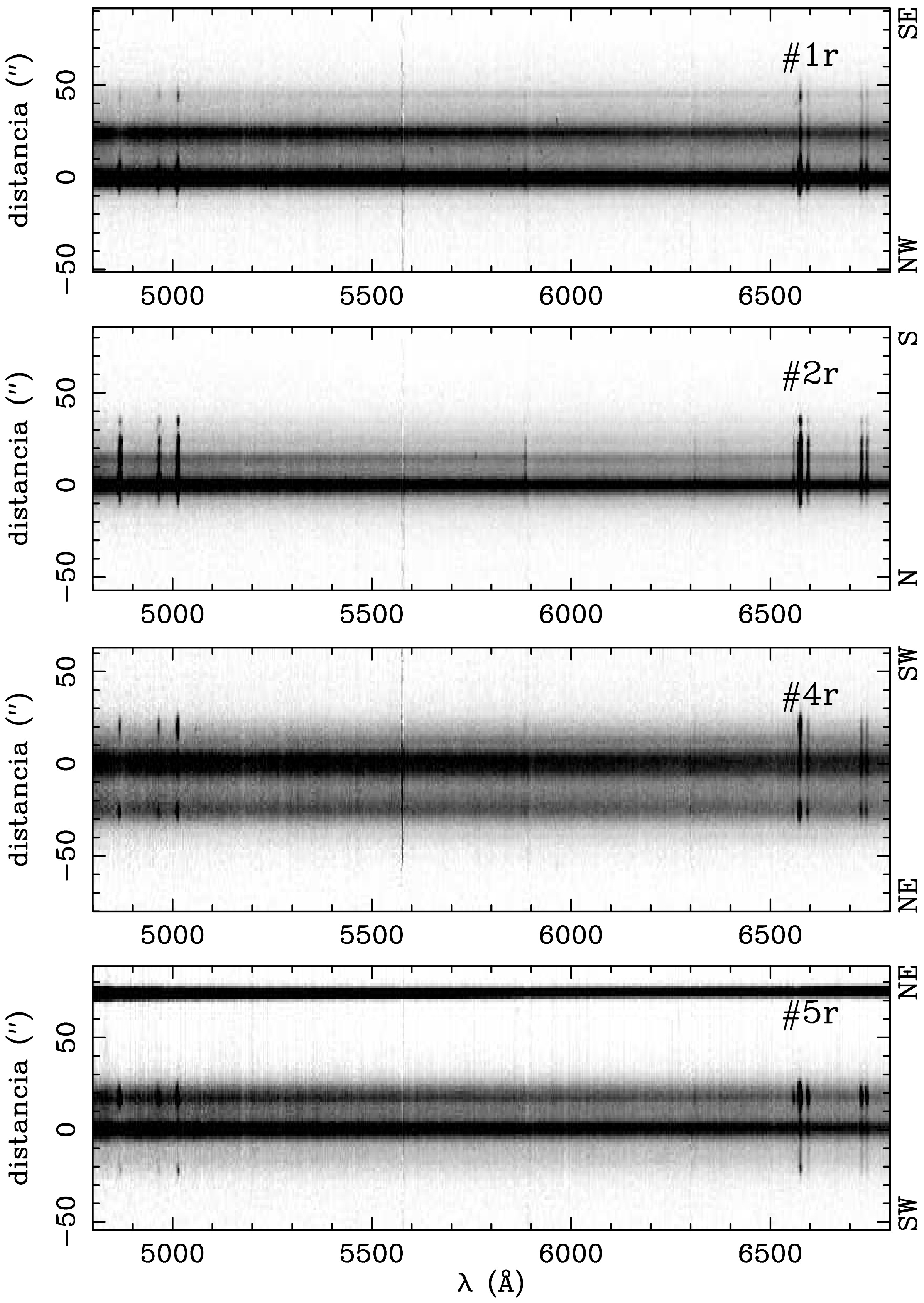


Figura 2.6: (cont.) Imágenes bidimensionales de los espectros de resolución baja-intermedia. Espectros correspondientes a las rendijas #6b, #6r, #3.

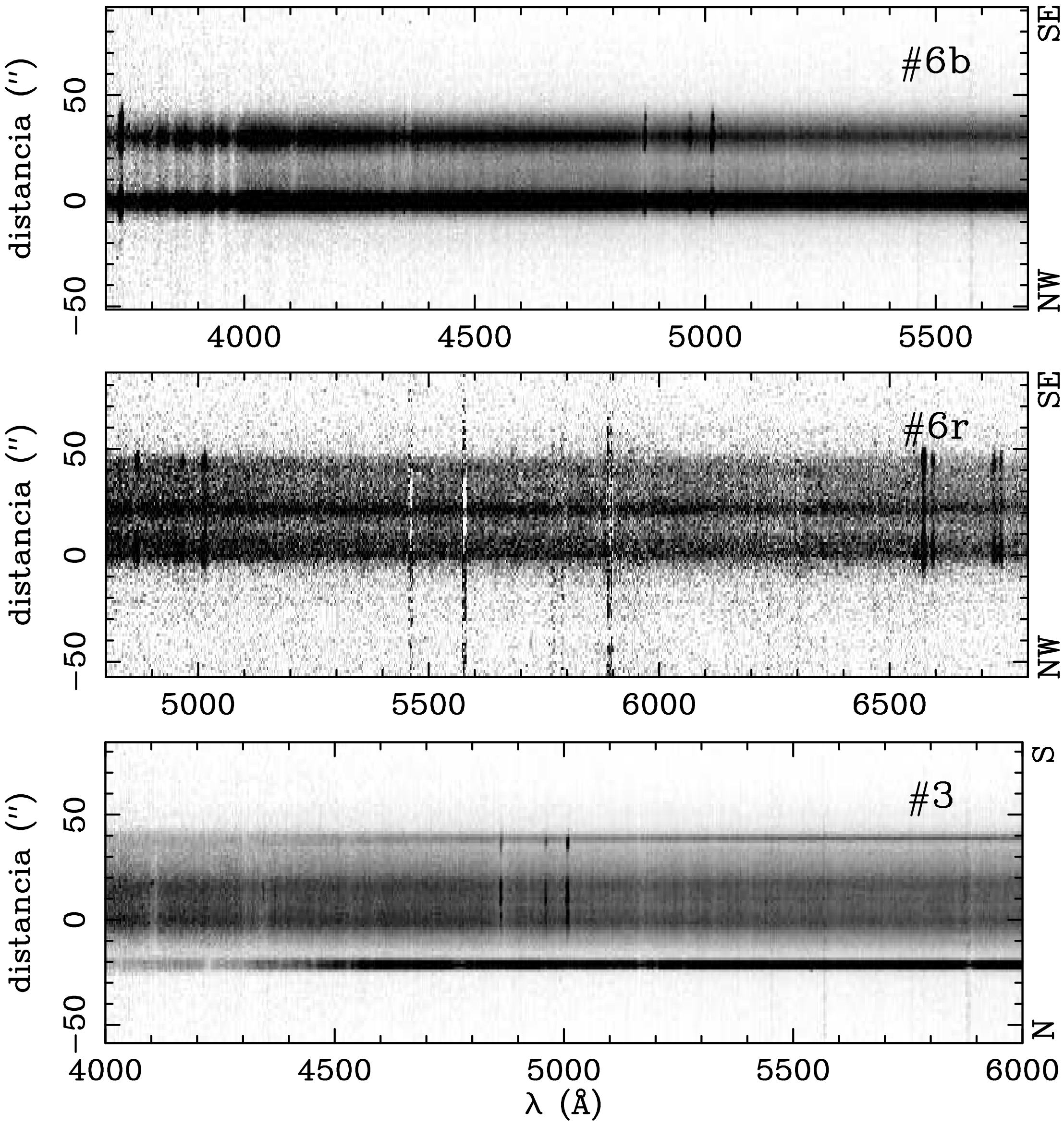
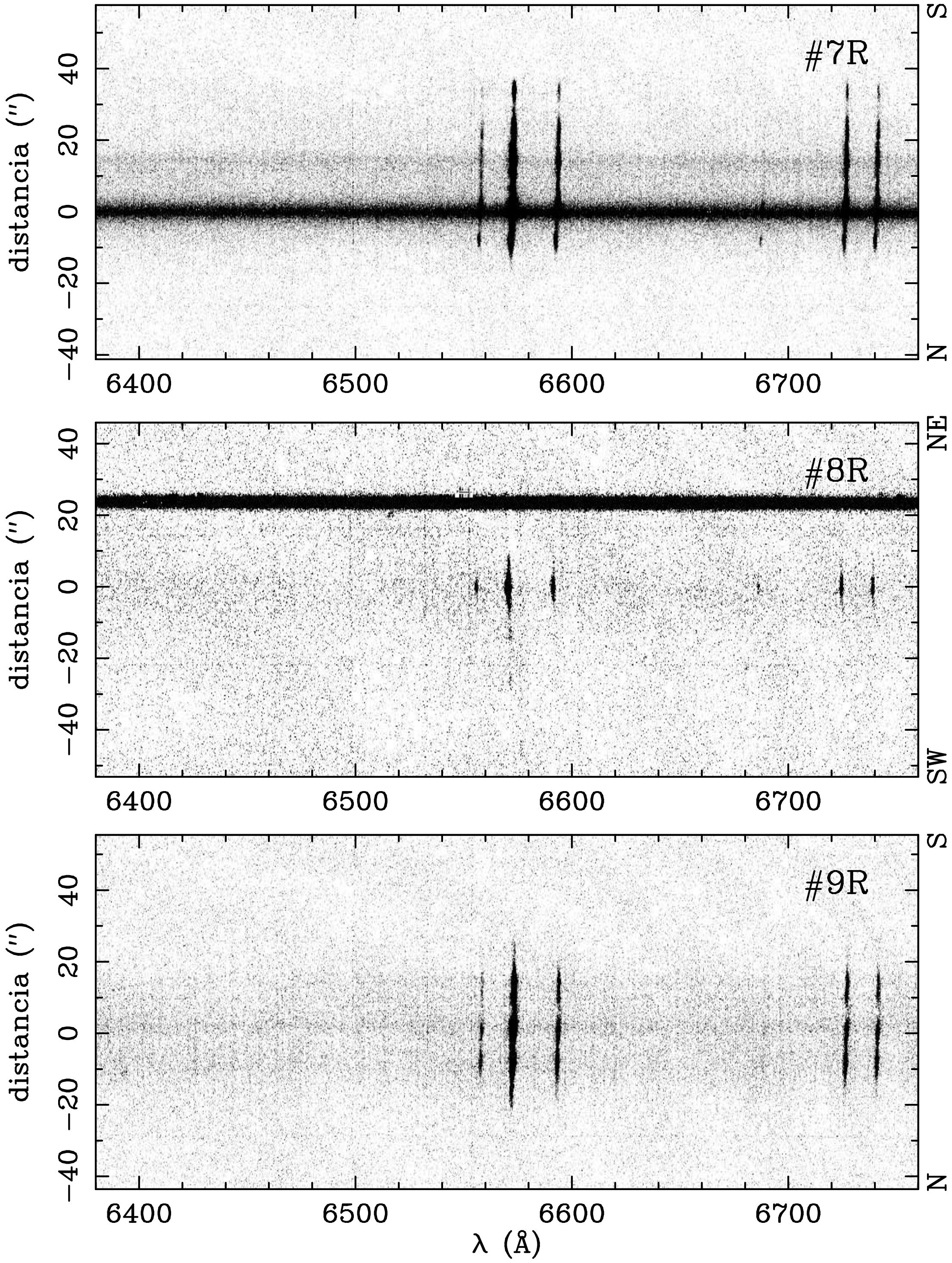


Figura 2.7: Imágenes bidimensionales de los espectros de alta resolución en la región de Hα correspondientes a las rendijas #7R, #8R y #9R.



a lo largo de la dirección espacial de los espectros de resolución baja-intermedia. En el caso de la componente *starburst* asociada a las regiones centrales de la galaxia, sin embargo, a fin de aumentar la relación señal-ruido de los espectros finales, se extrajo un región de $21\farcs45\times2\farcs65$ para la rendija #4b y de $14\farcs3\times2\farcs65$ para la rendija #1b.

Esta extracción se llevó a cabo exclusivamente sobre los espectros de resolución baja-intermedia pues únicamente el amplio rango espectral cubierto por estos permitió derivar las propiedades físicas del gas ionizado en dichas regiones. En la Figura 2.8 se muestran los espectros extraídos para aquellas regiones cubiertas por alguno de los espectros de resolución baja-intermedia.

2.2.4 Interferometría Fabry-Pérot

En primer lugar se realizaron una serie de operaciones comunes a cada uno de los canales del cubo de datos obtenidos, esto incluyó la eliminación del nivel *bias* y la corriente de oscuridad. Así mismo, se eliminaron interactivamente los rayos cósmicos y pixeles defectuosos. La corrección de la variación de la sensibilidad pixel a pixel fue llevada a cabo utilizando una imagen *flat-field* de cúpula sumada a todos los canales dentro de un rango espectral libre. A continuación se normalizaron cada uno de los canales suponiendo que la emisión de estrella de campo localizada en AR(J2000)=$8^{\rm h}13^{\rm m}14\fs72$ y DEC(J2000)=$+46^{\circ}00'4\farcs1$ era la misma para cada posición del etalón. Esta corrección nos permitió tener en cuenta la posible variación de la transparencia atmosférica a lo largo de la observación. Una vez llevadas a cabo estas tareas se procedió a realizar la calibración en longitud de onda del cubo. Este paso en el proceso de reducción se llevó a cabo mediante el uso del paquete CTIO.FABRY de IRAF.

A fin de realizar la calibración en longitud de onda del cubo de imágenes es necesario tener en cuenta:

- La luz procedente del telescopio a lo largo del eje óptico incide sobre el etalón de manera perpendicular. Sin embargo, rayos de luz provenientes de regiones fuera de este eje inciden con ángulos que serán mayores cuanto mayor sea la distancia al eje óptico. Este cambio en el ángulo de incidencia del etalón tiene como consecuencia un cambio en longitud de onda transmitida por el mismo. Así, la longitud de onda efectiva trasmitida por el etalón varía con el ángulo

Figura 2.8: Espectros unidimensionales sobre los que se midieron los flujos mostrados en la Tabla 2.5. La escala en flujo está referida al espectro representado en color negro. El trazo en color gris muestra un ampliación del mismo espectro. En la esquina superior izquierda de cada panel se indica la región de formación estelar a la que corresponde el espectro, mientras que en la esquina superior derecha se muestra la rendija.

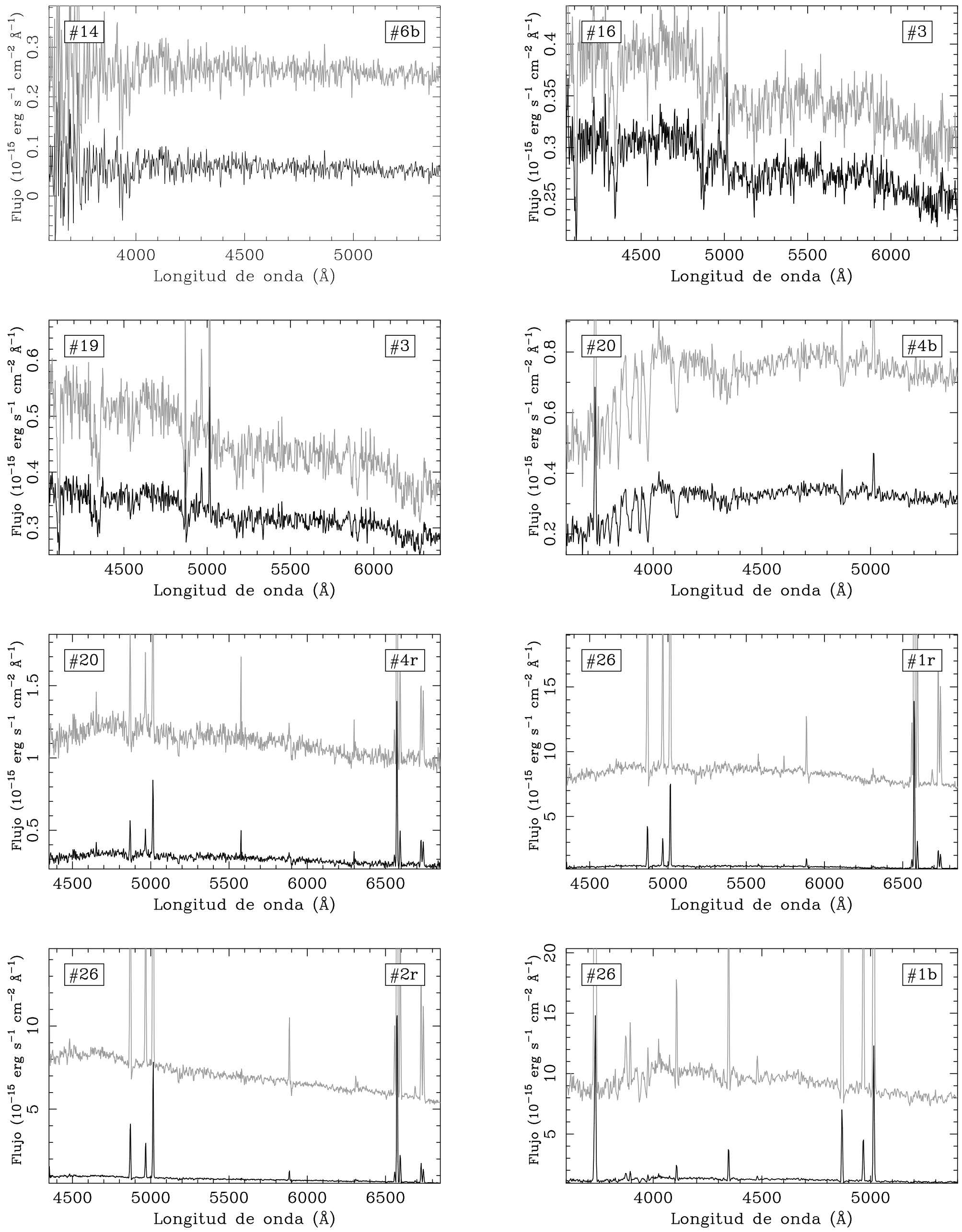


Figura 2.8: (cont.) Espectros unidimensionales sobre los que se midieron los flujos mostrados en la Tabla 2.5.

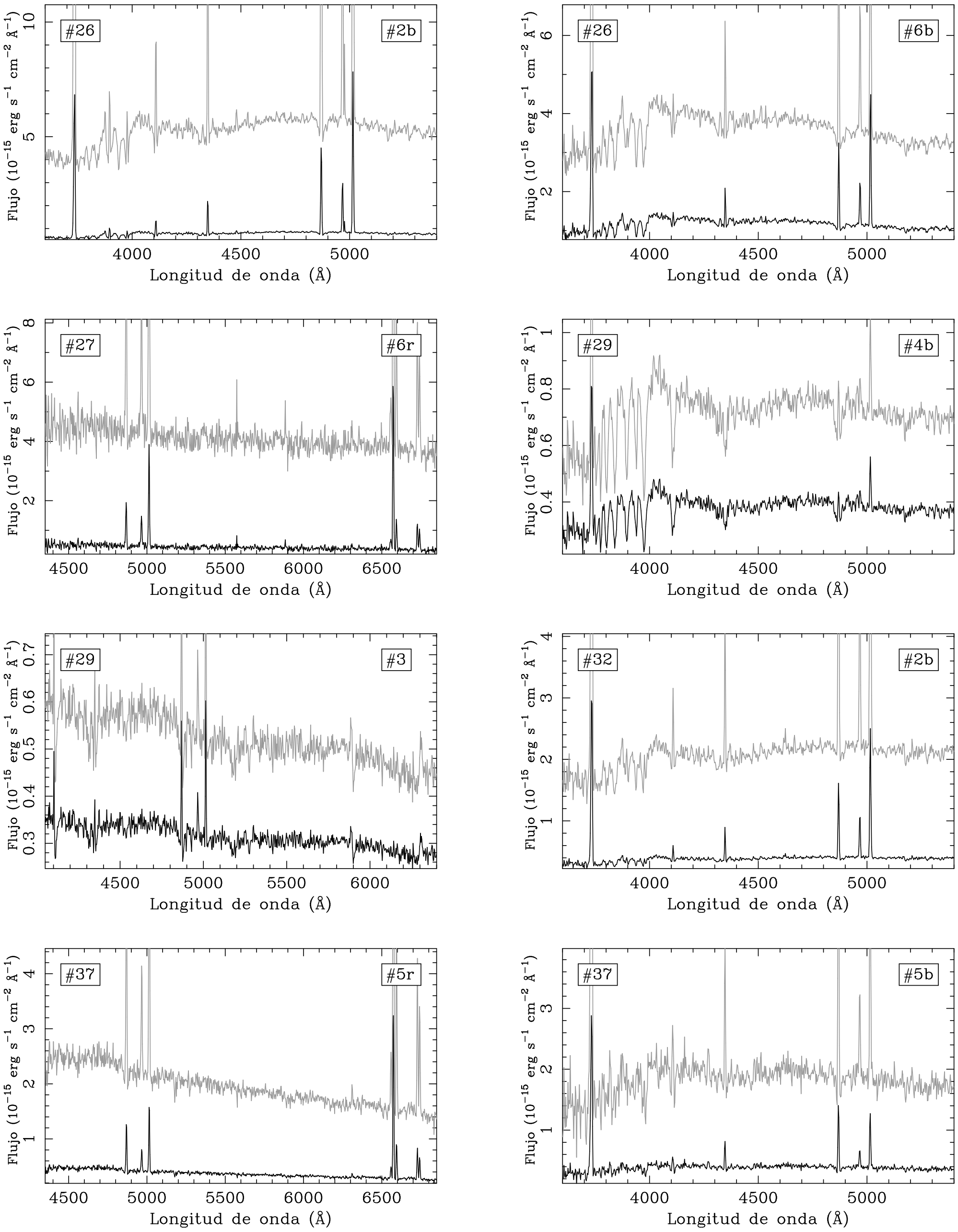


Figura 2.8: (cont.) Espectros unidimensionales sobre los que se midieron los flujos mostrados en la Tabla 2.5.

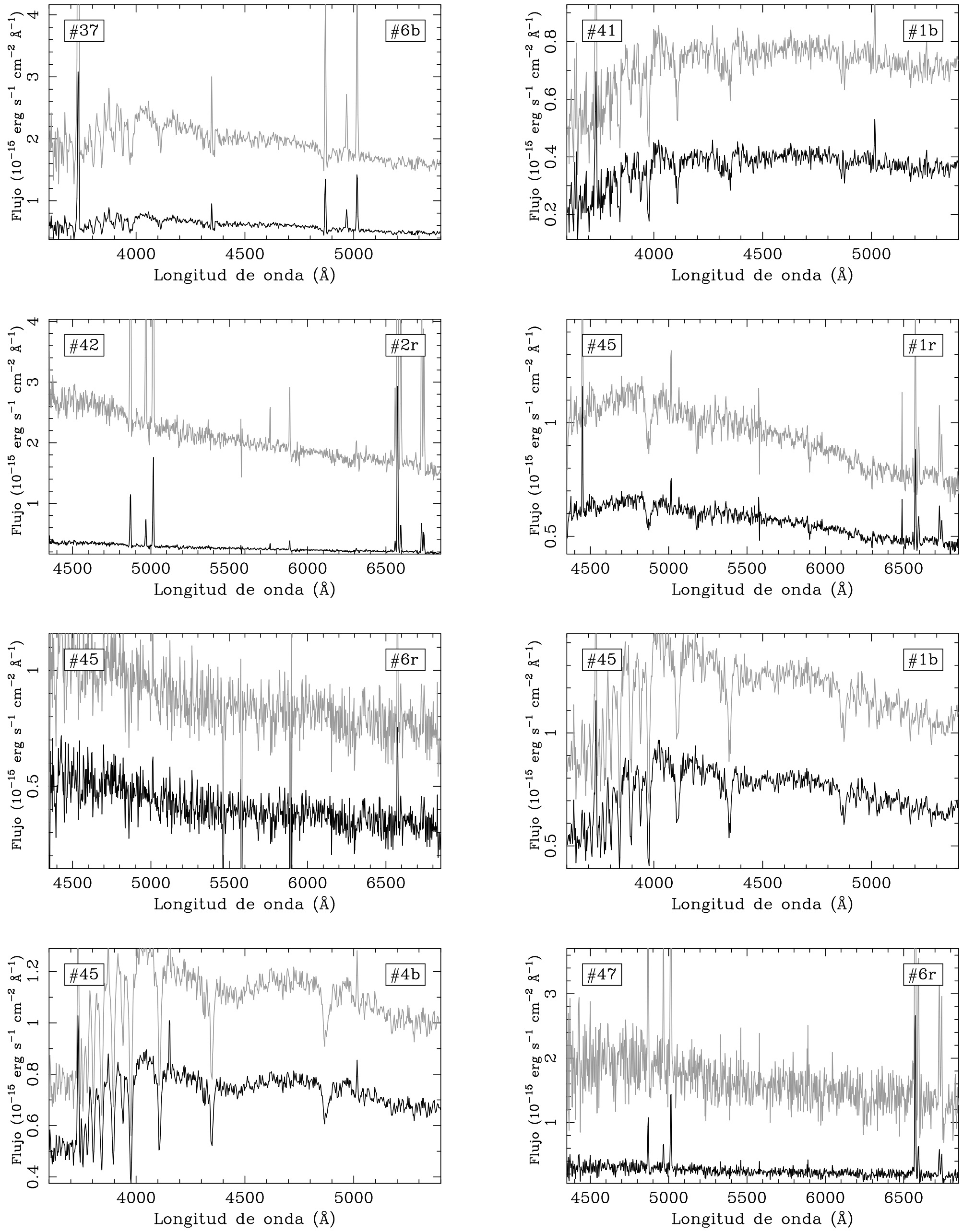


Figura 2.8: (cont.) Espectros unidimensionales sobre los que se midieron los flujos mostrados en la Tabla 2.5.

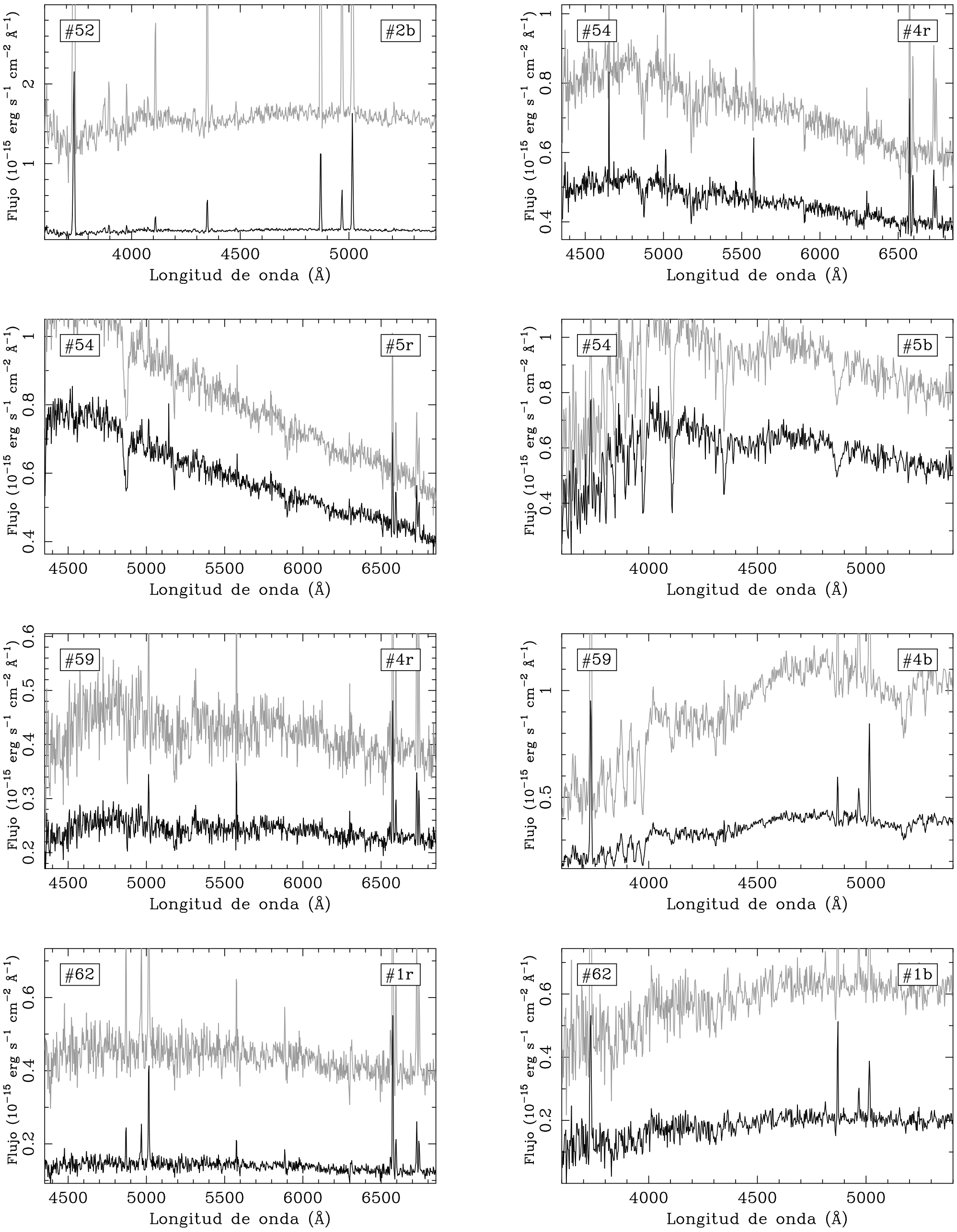
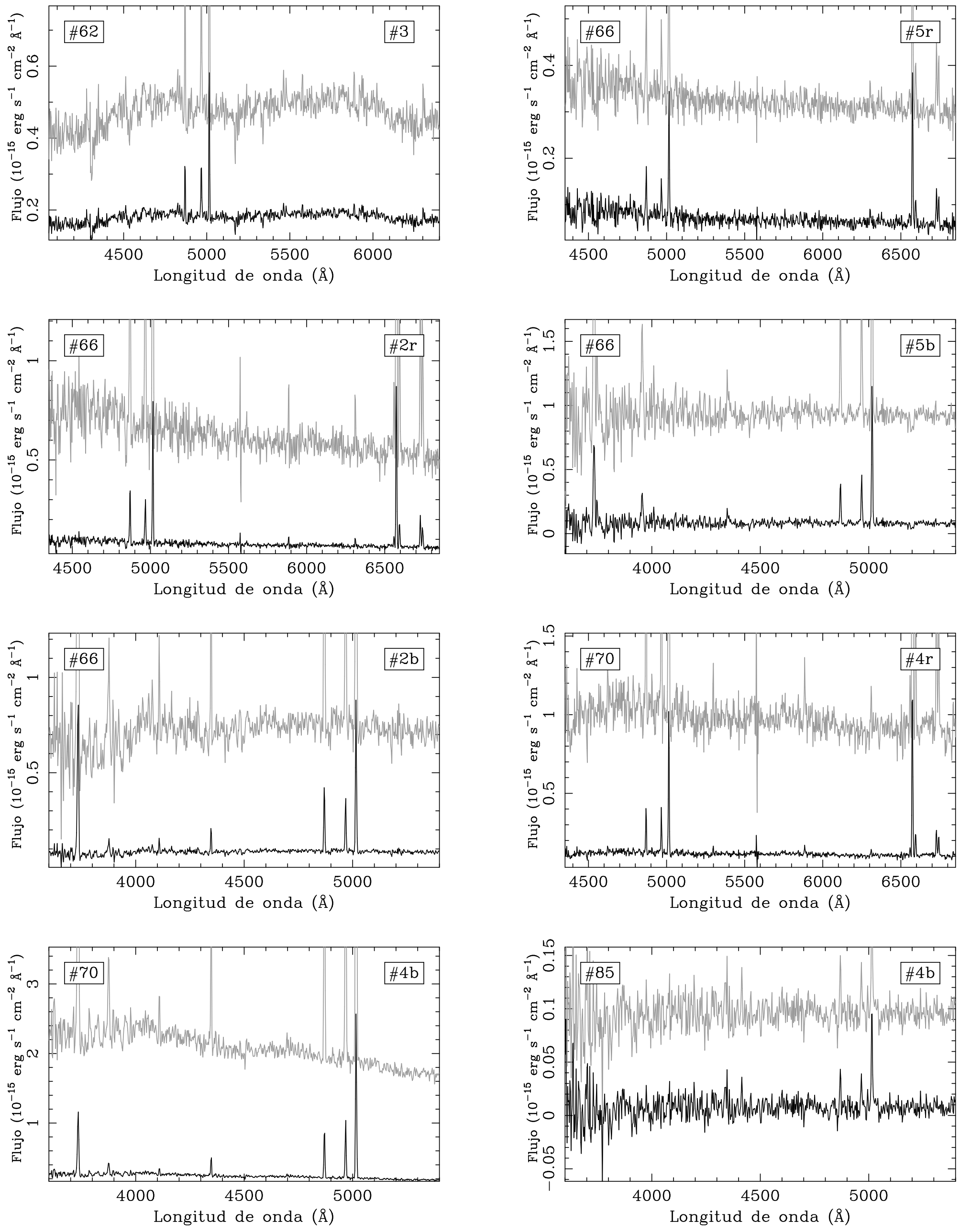


Figura 2.8: (cont.) Espectros unidimensionales sobre los que se midieron los flujos mostrados en la Tabla 2.5.



de incidencia según la ley (Taylor y Atherton 1980)

$$\lambda(r) = \lambda(0) \times \cos(\arctan(r/\mathrm{C})) \tag{2.4}$$

donde C es una constante que deberemos calcular a lo largo del proceso de reducción.

- Por otro lado, la longitud de onda trasmitida por el etalón en incidencia normal, $\lambda(0)$, depende de la separación entre las placas según la expresión

$$\lambda(0) = \mathrm{A} + \mathrm{B} \times z \tag{2.5}$$

Con el fin de realizar la calibración en longitud de onda se observó una línea espectral (6589.9529 Å) de una lámpara de calibración de CuNe. Cada una de las imágenes de este cubo de datos corresponderá al corte a un determinado z del paraboloide descrito por las Ecuaciones 2.4 y 2.5. Por tanto, estas imágenes presentarán anillos de diferente radio para cada posición del etalón.

El análisis de estos anillos mediante diferentes tareas dentro del paquete FABRY.CTIO permitió determinar los valores de las constantes A, B y C para el caso del cubo de datos observado. Una vez conocidas estas tres constantes y la posición sobre la imagen del eje óptico la calibración en longitud de onda es inmediata. Las constantes B y C suelen mantenerse razonablemente constantes a lo largo de un período de observación, mientras que el punto cero de esta calibración, es decir, la constante A, puede cambiar significativamente a lo largo de una misma noche.

Los pasos seguidos a lo largo de este proceso de calibración fueron los siguientes:

- Determinación de la posición del eje óptico y de los radios de los anillos en función de la distancia entre las placas del etalón. Usando la tarea RINGPARS del paquete FABRY se determinaron tanto los centros como los radios de los anillos ajustando los dos picos de los diferentes cortes en filas y columnas.

- Haciendo uso de la tarea FITRING se ajustaron los parámetros de los anillos y las distancias entre placas a la ecuación de dispersión (Ecuación 2.5). Este ajuste permitió obtener los valores de las constantes A, B y C.

- A continuación, a partir de la imagen de uno de los anillos de la línea de la lámpara de calibración tomada inmediatamente antes o después de la observación de la galaxia, se corrigió el valor de la constante A mediante la tarea ZEROPT.

- Por último, la tarea VELOCITY permite obtener los mapas de velocidad radial, dispersión de velocidades, intensidad de línea, continuo y sus errores correspondientes, partiendo del cubo de datos de la galaxia y del conjunto de constantes A, B y C.

En la Figura 2.9 se muestran los mapas obtenidos para la velocidad, dispersión de velocidades e intensidad de la línea Hα.

2.3 Análisis

2.3.1 Perfiles de brillo superficial y color

En la Figura 2.10 se muestran los perfiles de brillo superficial de Mrk 86 obtenidos a partir del ajuste de isofotas elípticas en las regiones más externas de la galaxia. Estas isofotas se ajustaron en la imagen en banda R usando la tarea ELLIPSE de IRAF. Esta tarea permite ajustar isofotas elípticas a imágenes bidimensionales mediante un método iterativo desarrollado por Jedrzejewski (1987). Según este método cada isofota es ajustada a un tamaño del semieje mayor fijo y predeterminado. A partir de unos valores iniciales para el centro, elipticidad y ángulo de posición de la elipse, se estima la variación de la intensidad a lo largo de elipses con diferente ángulo de posición.

A continuación, minimizando la función

$$y = y_0 + \mathrm{A1} \times \mathrm{sen}(\mathrm{AP}) + \mathrm{B1} \times \cos(\mathrm{AP}) + \mathrm{A2} \times \mathrm{sen}(2 \times \mathrm{AP}) + \mathrm{B2} \times \cos(2 \times \mathrm{AP}) \quad (2.6)$$

donde AP es el ángulo de posición y A1, B1, A2, B2 son las amplitudes de los diferentes armónicos, se determina el armónico de mayor amplitud. Este armónico estará relacionado con uno de los parámetros de la elipse. Entonces, a partir del gradiente local en la dirección radial y teniendo en cuenta el cambio en los parámetros debido a un cambio en el armónico de mayor amplitud se actualizan los parámetros de la elipse y se vuelve a minimizar la función mostrada en la Ecuación 2.6. Este proceso se continua de manera iterativo hasta que la amplitud del mayor armónico es significativamente menor que las diferencias entre la imagen y el mejor ajuste. A la hora de determinar estos perfiles y con el objeto de obtener los perfiles de brillo de la población subyacente de la galaxia, de muy bajo brillo superficial, se enmascararon tanto las estrellas de campo como las regiones de alto brillo superficial situadas a

Figura 2.9: Mapas Fabry-Pérot de velocidad radial, dispersión de velocidades e intensidad en la línea de Hα junto con sus correspondientes imágenes de errores.

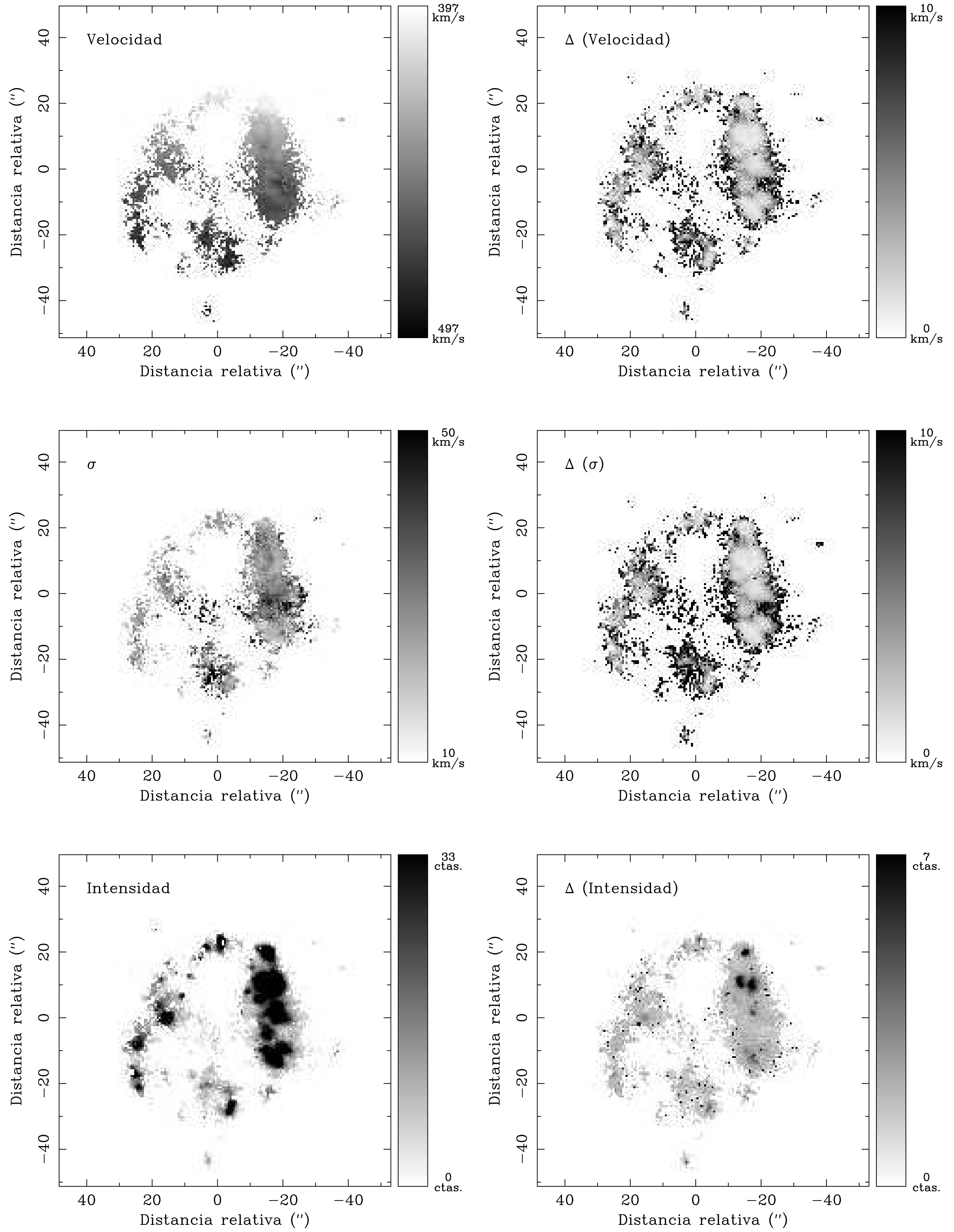
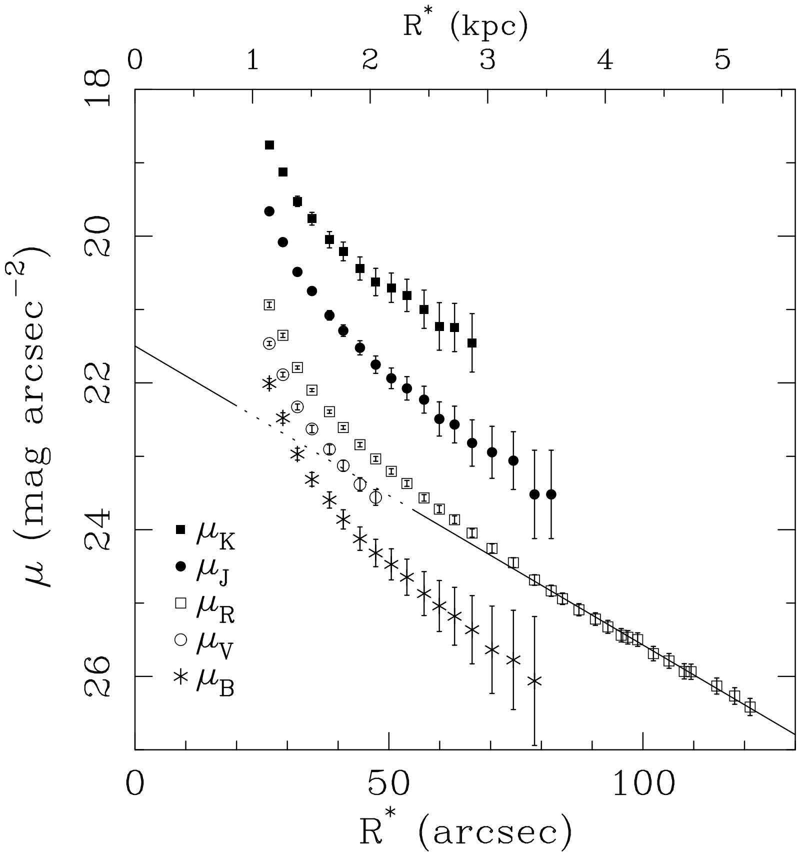


Figura 2.10: Perfiles de brillo superficial en las bandas $BVRJK$. Se ha representado así mismo el mejor ajuste a la componente exponencial observada a distancias galactocéntricas mayores de 80″.



distancias galactocéntricas mayores de 26″. Denominaremos centro de la galaxia a la posición correspondiente al centro de las isofotas más externas medidas en la banda R de Johnson y las distancias galactocéntricas se definirán a partir de este momento respecto a este punto. Las coordenadas de este punto son AR(J2000)=$8^{\rm h}13^{\rm m}14\overset{\rm s}{.}56$ y DEC(J2000)=$+45°59'30\overset{''}{.}2$.

Utilizando los ángulos de posición, ellipticidades y tamaños del eje mayor derivados para estas isofotas se obtuvieron los perfiles de brillo superficial en el resto de las bandas $BVJHK$ y los correspondientes perfiles de color que se muestran en las Figuras 2.10 y 2.11. En la Figura 2.10 se muestra además el resultado del mejor ajuste a la componente exponencial de perfil de brillo superficial en la banda R.

2.3.2 Regiones de formación estelar

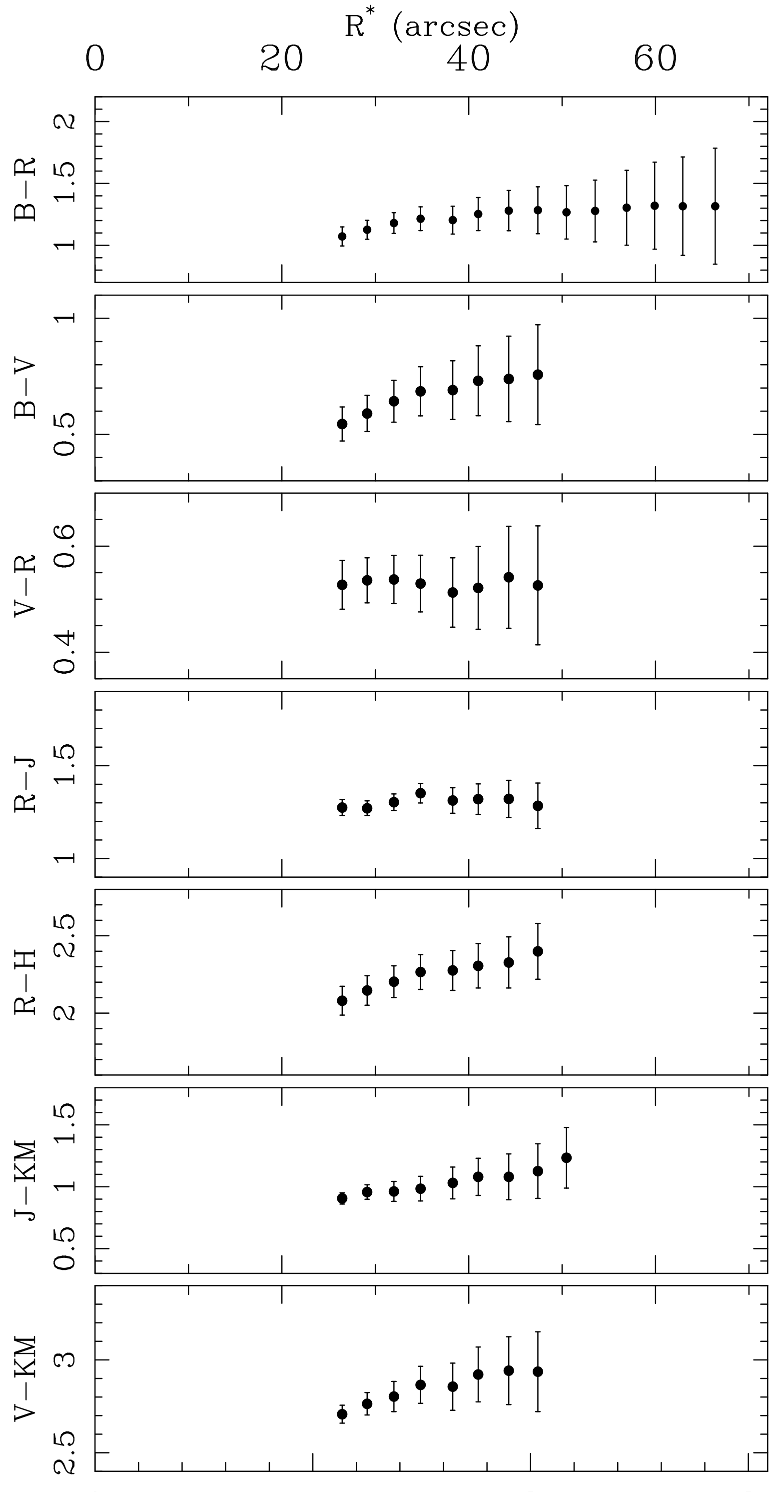
Posiciones y tamaños

A fin de determinar la posición y tamaño de las regiones en la vecindad de Mrk 86 se desarrolló un programa denominado COBRA (véase el Apéndice B). Brevemente, este programa selecciona la zona de la imagen donde está situada la región de interés. Los perfiles de brillo de la imagen en los dos ejes se ajustan entonces usando una línea recta que reproduce la emisión subyacente y dos gausianas que reproducen el perfil de la región. Por último, las imágenes bidimensionales correspondientes a los ajustes a lo largo de ambos ejes se promedian. La posición del centro de la región se estima entonces como el máximo de la suma de las dos componentes gausianas (promediada a ambos ejes).

Las posiciones de estos centros para cada una de las regiones estudiadas se dan en la Tabla 2.3 (columnas 3 y 4). Estas regiones se han numerado en orden de declinación decreciente, es decir, de Norte a Sur. La mayor parte de las mismas fueron identificadas en la imagen R, la más profunda de todas la obtenidas (véase la Figura 2.4; para R=25.6 la relación señal ruido es 30). Sin embargo, algunas de estas regiones presentan un intensa emisión en Hα pero muy débil o indetectable contrapartida en el continuo (véase la Tabla 2.4). En este caso las regiones fueron detectadas sobre la imagen Hα obtenida en Noviembre de 1998 con la cámara WFC del telescopio INT.

Una vez obtenida la posición de estas regiones se procedió a medir sus tamaños. Sin embargo, la determinación de los contornos de estas regiones es una tarea compleja. Algunos autores simplemente determinan el perímetro de las regiones definiendo aperturas circulares sobre las que miden flujos y colores. Esta aproximación presupone cierta simetría circular en esta regiones, lo cual no siempre se cumple. Otros autores (véase, por ejemplo, Petrosian et al. 1997) definen el límite de una determinada región como el último contorno conexo, o seleccionando todos los pixeles con intensidad superior a un determinado valor umbral (Mazzarella et al. 1993). Este valor umbral suele venir definido por las propiedades del ruido de la imagen. Todos estos métodos, descritos ampliamente en Fuentes-Masip (1997), son de difícil uso en regiones del cielo con gran número de objetos. Así mismo, en el caso de regiones situadas en zonas de brillo superficial variable, por ejemplo sobre un disco galáctico, el tamaño obtenido por estos métodos es fuertemente dependiente del valor de brillo superficial sobre el que se encuentre la región.

Figura 2.11: Perfiles de color de la galaxia Mrk 86 para distancias galactocéntricas mayores de 26″.



Así, en nuestro trabajo, se decidió aplicar un nuevo método, basado en el uso interactivo del programa COBRA, que elimina la contribución de la emisión subyacente. Esta emisión es de gran importancia en Mrk 86 debido a la presencia de una componente estelar extensa. Tras la substracción de dicha emisión subyacente se estimó el número de pixeles más intensos que ciertos valores umbral. De la relación entre el número de pixeles y el umbral correspondiente es posible determinar el tamaño de la región como el e-*folding* de la gausiana bidimensional equivalente (véase el Apéndice B). Este método permite eliminar efectos sistemáticos en la determinación del tamaño de las regiones debido a cambios en la emisión subyacente entre una región y otra. Además, los contornos que se derivan según este método no son circulares (véase la Figura 2.12). Los radios equivalentes obtenidos ($r_{\rm equivalente}$=$\sqrt{\rm Area/\pi}$) se muestran en la Tabla 2.3 (columna 5).

Este procedimiento nos permitió, además, estimar el efecto de la PSF (del inglés *Point Spread Function*) sobre la determinación de los tamaños, puesto que

$$\sigma^2 = \sigma^2_{\rm medido} - \sigma^2_{\rm PSF} \tag{2.7}$$

Los radios corregidos se dan en la columna 6 de la Tabla 2.3. El radio a un e-*folding* de la PSF en las imágenes R y Hα fue de $\sigma_{\rm PSF}$=0$''$.72. Los radios a un e^2 y un e^3-*folding* son, respectivamente, $\sqrt{2}$ y $\sqrt{3}$ veces el radio a un e-*folding*. En la columna 2 se muestra la clasificación de las regiones dada por Gil de Paz et al. (1999a).

Clasificación

Del total de 85 regiones analizadas en la vecindad de Mrk 86 (véase la Tabla 2.3) únicamente se dispone de información espectroscópica para 22 de ellas, 20 a partir de los espectros de resolución baja-intermedia y 2 más (#18 y #40) de los espectros de alta resolución. Todas estas regiones parecen pertenecer a la galaxia, mostrando velocidades heliocéntricas en el rango 400-540 km s^{-1} (véase Gil de Paz et al. 1999a).

Afortunadamente existen más criterios que los puramente espectroscópicos que pueden proporcionar importantes claves acerca de la naturaleza de las restantes 65 regiones. Por ejemplo, (1) si la galaxia y alguna de estas regiones muestran emisión dentro del rango de longitud de onda cubierto por un filtro estrecho (FWHM$\sim$50-100 Å), dichas regiones tendrán, muy probablemente, velocidades de recesión similares dentro del rango $\Delta v$$\sim$1000-2000 km s^{-1}; (2) si uno de estos objetos se encuentra situado sobre una región de alto brillo superficial y muestra una morfología extensa

Tabla 2.3: Posiciones y tamaños de las regiones en la vecindad de Mrk 86.

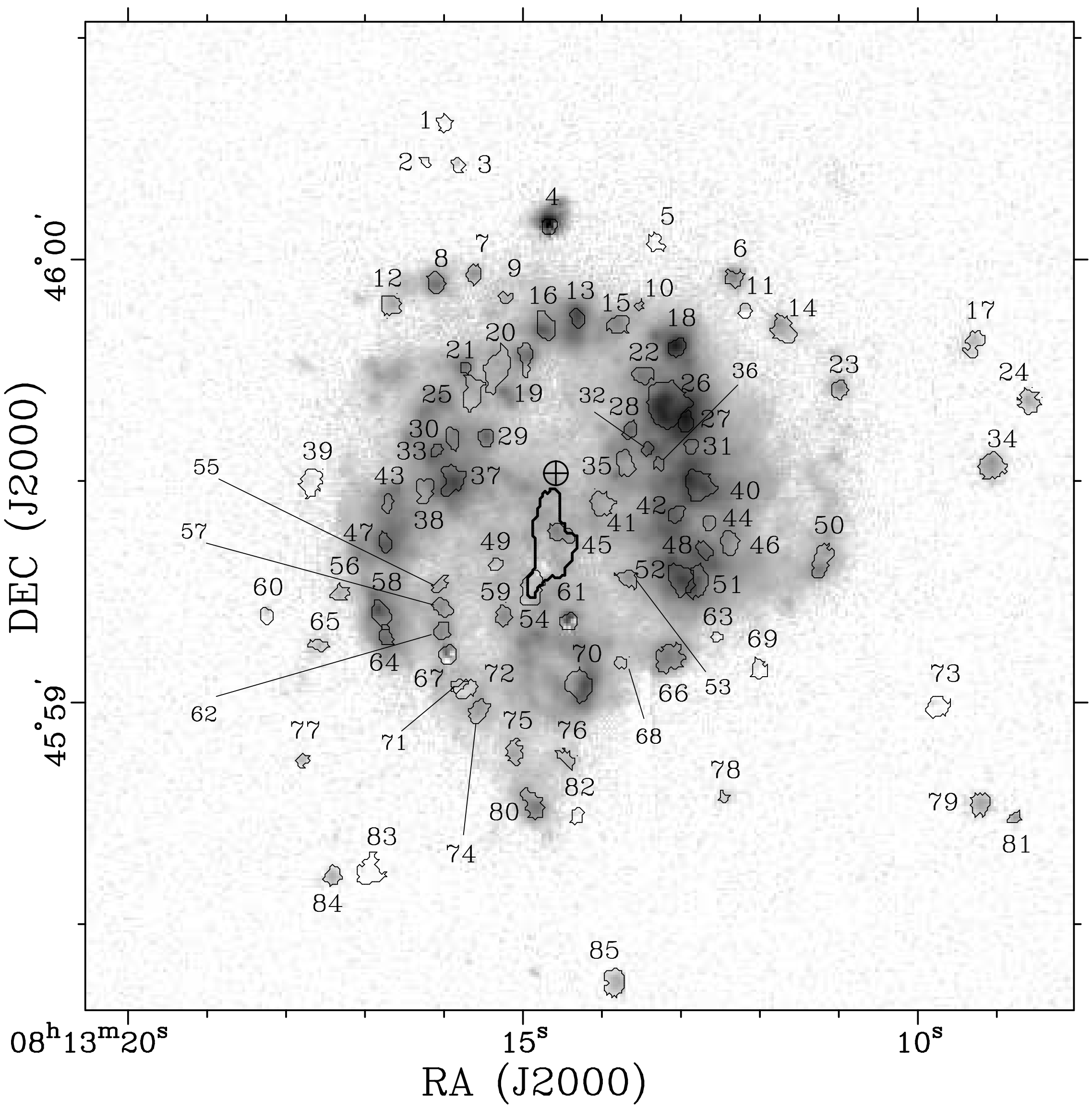
#	#'	AR(2000)	DEC(2000)	r_{1e}	r_{1e}'	e-*folding*	Clasificación
01	–	08:13:16.08	+46:00:17.1	0.71	RP	2	B
02	–	08:13:16.33	+46:00:12.1	0.85	0.45	1	B
03	–	08:13:15.91	+46:00:11.8	0.74	0.17	2	B
04	01	08:13:14.72	+46:00:04.1	1.13	0.87	2	F
05	–	08:13:13.38	+46:00:01.7	0.91	0.56	2	B
06	02	08:13:12.36	+45:59:57.6	1.07	0.79	2	E
07	–	08:13:15.70	+45:59:57.4	0.83	0.41	2	E
08	03	08:13:16.18	+45:59:56.0	0.96	0.63	2	E
09†	–	08:13:15.28	+45:59:54.1	0.76	0.24	2	E
10†	–	08:13:13.56	+45:59:53.4	0.68	RP	1	E
11	04	08:13:12.20	+45:59:53.0	0.75	0.21	2	B
12†	–	08:13:16.74	+45:59:52.9	1.06	0.78	2	E
13	05	08:13:14.36	+45:59:52.0	1.31	1.09	1	E
14	06	08:13:11.72	+45:59:50.7	1.36	1.15	2	S
15	08	08:13:13.85	+45:59:50.7	0.96	0.63	2	E
16	07	08:13:14.77	+45:59:50.6	1.72	1.56	1	S
17	–	08:13:09.23	+45:59:49.5	1.03	0.74	2	E
18	09	08:13:13.08	+45:59:48.2	0.93	0.59	2	S
19	10	08:13:15.02	+45:59:45.3	1.56	1.38	1	S
20	11	08:13:15.33	+45:59:45.2	2.29	2.17	1	S
21	12	08:13:15.78	+45:59:44.8	0.88	0.51	1	E
22†	13	08:13:13.52	+45:59:44.2	1.02	0.72	2	E
23	14	08:13:10.94	+45:59:43.0	0.97	0.65	2	E
24	–	08:13:08.52	+45:59:41.4	1.19	0.95	2	E
25	–	08:13:15.64	+45:59:41.2	1.39	1.19	2	N
26	15	08:13:13.13	+45:59:40.6	2.11	1.98	2	S
27	16	08:13:12.94	+45:59:38.4	1.32	1.11	1	S
28†	17	08:13:13.64	+45:59:36.9	0.84	0.43	2	E
29	18	08:13:15.51	+45:59:35.6	0.85	0.45	2	S
30	19	08:13:15.92	+45:59:35.6	0.93	0.59	2	E
31	20	08:13:12.87	+45:59:35.1	0.65	RP	2	N
32	21	08:13:13.41	+45:59:34.3	0.69	RP	2	S

Tabla 2.3: (cont.) Posiciones y tamaños de las regiones en la vecindad de Mrk 86.

#	#'	AR(J2000)	DEC(J2000)	r_{1e}	r_{1e}'	e-*folding*	Clasificación
33	22	08:13:16.11	+45:59:33.9	0.96	0.63	1	E
34	–	08:13:08.99	+45:59:33.0	1.32	1.11	2	E
35	23	08:13:13.69	+45:59:33.0	1.28	1.06	2	N
36	24	08:13:13.28	+45:59:32.4	0.71	RP	2	N
37	26	08:13:15.88	+45:59:29.3	1.90	1.76	1	S
38	27	08:13:16.23	+45:59:29.2	0.94	0.60	2	N
39	28	08:13:17.76	+45:59:29.0	1.20	0.96	2	B
40	25	08:13:12.76	+45:59:28.8	1.62	1.45	2	S
41	29	08:13:14.04	+45:59:27.3	1.07	0.79	2	S
42	31	08:13:12.98	+45:59:26.5	1.29	1.07	1	S
43	32	08:13:16.77	+45:59:25.9	1.12	0.86	1	E
44	33	08:13:12.63	+45:59:24.6	0.79	0.33	2	N
45	–	08:13:14.57	+45:59:23.2	1.15	0.90	2	S
46	34	08:13:12.37	+45:59:22.3	1.03	0.74	2	N
47	36	08:13:16.76	+45:59:21.2	1.22	0.98	1	S
48	35	08:13:12.69	+45:59:21.2	1.18	0.93	1	E
49	–	08:13:15.36	+45:59:18.8	0.73	0.12	2	N
50	37	08:13:11.19	+45:59:18.8	1.42	1.22	2	E
51	38	08:13:12.72	+45:59:17.3	1.28	1.06	2	N
52	39	08:13:12.97	+45:59:17.2	1.32	1.11	2	S
53†	–	08:13:13.64	+45:59:17.1	0.86	0.47	2	E
54	40	08:13:14.91	+45:59:15.9	2.01	1.88	1	S
55†	–	08:13:16.12	+45:59:15.8	0.69	RP	2	E
56	–	08:13:17.35	+45:59:14.6	0.81	0.37	2	E

RP = Región Puntual. El tamaño obtenido para estas regiones es del mismo orden o ligeramente menor que el medido para las estrellas de campo.

Figura 2.12: Contornos de las diferentes regiones en la vecindad de Mrk 86 sobre la imagen Hα sin continuo. El número correspondiente a cada región se muestra en la columna 1 de la Tabla 2.3. Se indican así mismo la posición del centro de la galaxia, definido como el centro de las isofotas externas (*círculo y cruz*), y el contorno de la región correspondiente a la componente *starburst* (*linea gruesa*).



probablemente pertenecerá también a la galaxia. Por otro lado, si estas regiones no muestran emisión en las imágenes de banda estrecha y (3) están situadas en regiones alejadas de la galaxia, o (4) son objetos puntuales, deberían considerarse como no pertenecientes a la galaxia.

Siguiendo estos criterios, en la Tabla 2.3 (columna 8) se han clasificado como objetos tipo **S** (del inglés *Spectroscopically confirmed*; véase Gil de Paz et al. 2000b) aquellas regiones de las cuales se tenía confirmación espectroscópica de su pertenencia a la galaxia. Aquellas regiones con emisión en las imágenes Hα u [O III]λ5007 se clasificaron de tipo **E** (del inglés *Emission-line regions*). Las regiones extensas situadas en zonas de alto brillo superficial se clasificaron como regiones tipo **N**. Finalmente los objetos situados a grandes distancias galactocentricas en regiones de muy bajo brillo superficial se clasificaron con la letra **B** (del inglés *Background galaxies*), y los objetos puntuales se clasificaron como tipo **F** (del inglés *Foreground stars*). A lo largo de este trabajo nos centraremos en el estudio de los objetos de tipos **S**, **E** y **N**.

Magnitudes y colores

Usando los contornos determinados con COBRA (véase la Figura 2.12) se midieron magnitudes de apertura $BVRJHK$ y colores $B-V$, $V-R$, $R-J$, $J-H$ y $J-K$ para todas las regiones presentes en la Tabla 2.4 (columnas 2-7 para las magnitudes y 8-12 para los colores). Los flujos y colores medidos incluyen tanto la emisión del brote de formación estelar o cúmulo estelar como la emisión de la población estelar subyacente. Previamente a la medida de los colores se degradaron las imágenes $BVRHK$ (véase la Tabla 2.1) hasta que tuvieran una PSF igual a la de la imagen en banda J (FWHM$\simeq$1$''\!.$8). Se midieron también las magnitudes en banda R de dichas regiones eliminada la contribución de la emisión subyacente mediante el programa COBRA (Tabla 2.4; columna 13). Por último, se midieron los flujos en la imagen Hα subtraidos de la emisión suyacente (Tabla 2.4; columna 14). Debido a la mala calidad de la imagen en [O III]λ5007 (FWHM$\simeq$2$''\!.$5), no se incluyó en nuestro análisis la medida de flujos en [O III]λ5007. Las magnitudes y colores que se muestran en la Tabla 2.4 no están corregidos de extinción.

Espectroscopía óptica: Flujos de las líneas de emisión

Debido a la relativamente pequeña anchura de rendija utilizada en nuestras observaciones ($2\farcs65$ para los espectros de resolución baja-intermedia; $1\farcs0$ para los de alta resolución), no se pudieron obtener los flujos integrados de las líneas de emisión de las regiones de formación estelar. Por lo tanto, a fin de determinar las propiedades del gas ionizado en estas regiones, principalmente densidad y temperatura electrónica, y metalicidad, se analizaron los cocientes de las principales líneas de emisión. Así, en la Tabla 2.5 se dan los flujos de las principales líneas medidos en regiones de $4\farcs30\times2\farcs65$ centradas en el máximo de la emisión del nodo cubierta por la rendija, tal y como se comentó en la Secc. 2.2.3. En las Figuras 2.8(1-46) se mostraron los espectros unidimensionales correspondientes a estas regiones. Los flujos fueron medidos empleando la tarea SPLOT integrada dentro del paquete NOAO.ONEDSPEC de IRAF, a excepción de los flujos en las líneas de emisión de la serie de Balmer Hβ, Hγ, Hδ, que se midieron descomponiendo las componentes en absorción y emisión mediante la tarea NGAUSSFIT de IRAF-STSDAS.

Las intensidades de línea medidas han sido corregidas de extinción usando los excesos de color, $E(B-V)_{\rm gas}$, medidos. Los valores de $E(B-V)_{\rm gas}$ se determinaron a partir de los cocientes Hα-Hβ y Hβ-Hγ medidos y los predichos teóricamente para el caso B de recombinación (Osterbrock 1989). Las intensidades de línea fueron medidas separadamente en los espectros b (azul) y r (rojo). En aquellos casos en que los cocientes de líneas coincidían en ambos rangos espectrales, típicamente [O III]λ5007 frente a Hβ, se agruparon ambos conjuntos de medidas. En aquellas regiones donde no se disponía de una medida de la extinción del gas se asumió una extinción de $0.34^{\rm m}$. Este valor corresponde al valor medio de las extinción medidas para aquellas regiones con decremento Balmer accesible.

Espectroscopía Ultravioleta

El espectro ultravioleta extraído del archivo final del IUE fue obtenido con una apertura de $20''\times10''$. El centro de dicha apertura fue situado en la posición de la región #26 con un ángulo de posición de 117°. Aunque el espectro mostrado en la Figura 2.13 ha sido suavizado, la baja relación señal-ruido del mismo, impide realizar un análisis cuantitativo profundo. Sin embargo, en este espectro se observa claramente la presencia de intensas líneas de absorción de Si IV$\lambda\lambda$1394,1403 y C IVλ1548. En particular, la línea resonante de C IVλ1548 presenta un evidente perfil P-Cygni,

Tabla 2.4: (cont.) Magnitudes, colores y flujos Hα.

#	$B^{\dagger}$	V	R	J	H	K'	$B-V$	$V-R$	$R-J$	$J-H$	$H-K'$	R(nodo)	F(Hα)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
71	20.77±0.06	20.35±0.02	19.83±0.12	18.63±0.07	17.64±0.09	17.57±0.08	0.42±0.07	0.52±0.12	1.19±0.14	0.99±0.11	0.07±0.12	21.329±0.095	–
72	20.07±0.06	19.64±0.02	19.11±0.14	17.99±0.08	16.89±0.09	16.80±0.08	0.42±0.07	0.53±0.14	1.13±0.16	1.09±0.12	0.09±0.12	20.993±0.098	–
73	22.15±0.13	21.27±0.07	20.70±0.10	19.98±0.52	19.56±0.54	19.13±0.78	0.88±0.15	0.58±0.13	0.72±0.53	0.41±0.75	0.43±0.95	20.984±0.095	–
74	20.34±0.07	19.92±0.02	19.36±0.13	18.26±0.10	17.21±0.10	17.15±0.12	0.42±0.07	0.56±0.14	1.10±0.17	1.05±0.14	0.06±0.15	21.364±0.083	0.818E-15±0.470E-17
75	20.89±0.07	20.38±0.03	19.81±0.12	18.70±0.14	17.66±0.11	17.80±0.19	0.51±0.07	0.56±0.13	1.11±0.18	1.04±0.18	-0.14±0.22	–	0.304E-15±0.182E-16
76	21.49±0.07	20.93±0.03	20.32±0.11	19.05±0.13	18.03±0.11	17.97±0.16	0.56±0.08	0.61±0.11	1.27±0.17	1.02±0.17	0.06±0.20	–	0.277E-15±0.996E-17
77	22.84±0.10	22.23±0.07	21.68±0.08	20.63±0.37	19.56±0.22	19.67±0.49	0.61±0.12	0.55±0.10	1.05±0.38	1.06±0.43	-0.11±0.54	–	0.122E-15±0.277E-17
78	23.01±0.10	22.29±0.06	21.74±0.08	21.22±0.55	19.56±0.19	19.39±0.33	0.72±0.12	0.55±0.10	0.52±0.55	1.66±0.58	0.17±0.38	–	0.133E-15±0.951E-18
79	22.42±0.14	21.96±0.13	21.64±0.09	20.38±0.70	–	–	0.46±0.19	0.32±0.15	1.25±0.71	–	–	–	0.514E-15±0.248E-17
80	20.52±0.07	20.11±0.03	19.64±0.13	18.66±0.18	17.61±0.13	17.95±0.30	0.41±0.08	0.47±0.13	0.98±0.22	1.05±0.22	-0.35±0.33	20.870±0.095	0.241E-14±0.326E-16
81	23.36±0.13	22.36±0.07	21.14±0.09	18.89±0.07	18.39±0.10	18.39±0.14	1.01±0.15	1.22±0.11	2.25±0.11	0.50±0.12	0.01±0.17	–	–
82	21.99±0.08	21.49±0.04	20.98±0.09	19.89±0.23	19.05±0.17	19.40±0.47	0.50±0.09	0.51±0.10	1.09±0.24	0.84±0.29	-0.35±0.50	22.511±0.060	–
83	21.46±0.11	–	20.19±0.11	18.78±0.25	17.87±0.18	17.90±0.37	–	–	1.41±0.28	0.91±0.31	-0.03±0.41	21.157±0.088	–
84	22.31±0.11	–	21.46±0.08	19.85±0.32	19.00±0.23	19.45±0.71	–	–	1.61±0.33	0.84±0.39	-0.45±0.75	–	0.305E-15±0.277E-17
85	22.10±0.14	–	21.14±0.09	19.92±0.60	19.71±0.73	–	–	–	1.22±0.61	0.22±0.95	–	–	0.448E-15±0.454E-17

† Las magnitudes y colores indicados no están corregidos de extinción
(1) Número del nodo o región (ordenado de mayor a menor DEC)
(2) Magnitud B de Johnson
(3) Magnitud V de Johnson
(4) Magnitud R de Johnson
(5) Magnitud J
(6) Magnitud H
(7) Magnitud K'
(8) $B-V$
(9) $V-R$
(10) $R-J$
(11) $J-H$
(12) $H-K'$
(13) Magnitud R de Johnson (substraida de la emisión subyacente y sin corregir de extinción)
(14) Flujo Hα (substraida de la emisión subyacente y sin corregir de extinción) en erg s^{-1} cm^{-2}

Tabla 2.5: Flujos de las líneas de emisión.

Nodo	Rend.	[OII] λ3727	[NeIII] λ3869	Hγ	[OIII] λ4363	Hβ	[OIII] λ4959	[OIII] λ5007	[NI] λ5199	HeI λ5876	[OI] λ6300	Hα	[NII] λ6583	HeI λ6678	[SII] λ6716	[SII] λ6731	E(B-V)
14	6b	1.25E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	3	–	–	–	2.47E-16	5.27E-16	–	5.07E-16	–	–	–	–	–	–	–	–	–
19	3	–	–	–	–	8.21E-16	5.38E-16	1.35E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	4b	3.17E-15	–	–	–	6.26E-16	–	1.01E-15	2.29E-16	–	–	–	–	–	–	–	–
20*	4r	1.22E-14	–	–	–	6.08E-15	3.10E-15	1.03E-14	–	1.31E-15	–	1.74E-14	3.63E-15	–	3.30E-15	2.97E-15	0.342
26*	1r	–	–	–	2.96E-15	6.36E-14	–	1.12E-13	–	8.78E-15	–	1.82E-13	2.80E-14	2.94E-15	2.14E-14	1.60E-14	0.277
26*	2r	5.40E-14	3.86E-15	1.51E-14	1.57E-15	3.65E-14	2.25E-14	6.74E-14	5.90E-16	5.32E-15	9.85E-16	1.04E-13	1.65E-14	1.11E-15	1.16E-14	8.31E-15	0.137
26	1b	1.06E-13	6.77E-15	–	1.02E-15	3.80E-14	2.38E-14	7.05E-14	–	–	–	–	–	–	–	–	–
26*	2b	5.91E-14	1.99E-14	6.54E-14	2.78E-15	1.40E-13	7.55E-14	2.28E-13	1.91E-15	–	–	–	–	–	–	–	0.534
26*	6b	4.62E-14	–	3.96E-14	7.18E-15	8.50E-14	4.20E-14	1.28E-13	–	–	–	–	–	–	–	–	0.557
27*	6r	–	–	–	–	1.94E-14	1.10E-14	3.35E-14	–	1.36E-15	6.41E-16	5.54E-14	9.66E-15	–	9.02E-15	6.94E-15	0.091
29	4b	4.88E-15	–	–	–	7.55E-16	–	1.13E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
29	3	–	–	–	1.80E-16	1.70E-15	1.19E-15	3.55E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
32	2b	2.24E-14	6.18E-16	–	2.54E-16	8.40E-15	4.40E-15	1.33E-14	2.75E-16	–	–	–	–	–	–	–	–
37*	5r	–	–	–	–	1.07E-14	5.57E-15	1.32E-14	–	–	6.35E-16	3.05E-14	6.95E-15	–	5.89E-15	4.12E-15	0.131
37*	5b	2.53E-14	–	6.62E-15	–	1.42E-14	3.80E-15	1.12E-14	–	–	–	–	–	–	–	–	0.211
37*	6b	2.81E-14	–	3.31E-14	1.54E-14	7.11E-14	2.05E-14	6.31E-14	–	–	–	–	–	–	–	–	0.736
37	3	–	–	–	–	1.58E-15	7.48E-16	1.73E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
41	1b	4.16E-15	–	–	–	8.08E-16	–	1.05E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
42*	2r	1.67E-14	2.23E-15	–	6.89E-16	9.87E-15	5.26E-15	1.50E-14	–	1.30E-15	3.78E-16	2.82E-14	5.15E-15	–	5.18E-15	3.77E-15	0.141
45*	1r	3.46E-15	–	–	–	7.43E-15	–	1.69E-14	–	–	–	2.12E-14	8.24E-15	–	7.34E-15	4.94E-15	0.818
45	6r	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2.66E-15	8.31E-16	–	7.45E-16	7.67E-16	–
45	1b	5.31E-15	–	–	–	1.00E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
45	4b	4.12E-15	–	–	–	–	–	7.79E-16	–	–	–	–	–	–	–	–	–
47*	6r	–	–	–	1.64E-15	7.80E-15	3.35E-15	1.09E-14	–	–	–	2.23E-14	4.92E-15	–	4.41E-15	2.96E-15	0.069
52*	2b	1.92E-14	–	2.05E-14	2.01E-15	4.40E-14	1.90E-14	5.32E-14	8.67E-16	–	–	–	–	–	–	–	0.564
54*	19	–	–	–	5.25E-16	1.97E-15	–	2.72E-15	–	–	4.64E-16	5.65E-15	1.90E-15	–	2.68E-15	2.16E-15	0.299
54	5r	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2.18E-15	1.11E-15	–	9.73E-16	5.00E-16	–
54	5b	3.13E-15	–	–	–	1.98E-16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
59	4r	–	–	–	3.07E-16	–	–	7.20E-16	–	–	–	1.84E-15	5.47E-16	–	1.04E-15	7.28E-16	–
59	4b	6.03E-15	–	–	–	1.34E-15	1.07E-15	2.89E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
62*	1r	–	–	–	–	3.19E-15	2.33E-15	7.13E-15	–	–	1.13E-15	9.11E-15	2.49E-15	–	2.57E-15	1.73E-15	0.433
62	1b	3.51E-15	–	–	–	2.04E-15	5.63E-16	1.25E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
62	3	–	–	–	–	9.75E-16	1.07E-15	2.50E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
66*	5r	–	–	–	–	1.03E-15	6.95E-16	1.87E-15	–	–	–	2.44E-15	5.57E-16	–	5.69E-16	4.44E-16	0.000
66*	2r	6.32E-15	5.44E-16	7.74E-16	1.16E-16	2.16E-15	1.72E-15	4.69E-15	–	2.59E-16	1.66E-16	6.05E-15	1.02E-15	8.50E-17	1.23E-15	8.34E-16	0.000
66	5b	5.65E-15	–	–	–	2.00E-15	2.13E-15	6.29E-15	–	–	–	–	–	–	–	–	–
66*	2b	7.69E-15	4.38E-15	5.06E-15	5.41E-16	1.09E-14	7.99E-15	2.26E-14	–	–	–	–	–	–	–	–	0.485
70*	4r	3.10E-15	2.10E-15	2.29E-15	6.24E-16	6.23E-15	5.32E-15	1.80E-14	–	1.05E-15	1.15E-15	1.78E-14	2.93E-15	–	2.60E-15	1.87E-15	0.352
70*	4b	8.44E-15	2.28E-14	2.13E-14	2.80E-15	4.57E-14	4.75E-14	1.34E-13	–	–	–	–	–	–	–	–	0.705
85	4b	–	–	–	–	2.45E-16	1.78E-16	5.66E-16	–	–	–	–	–	–	–	–	–

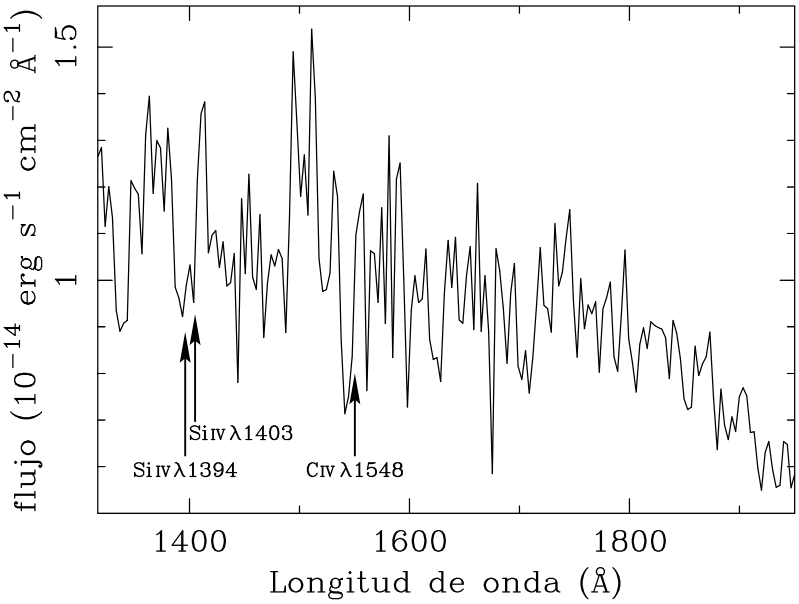
Flujos dados en erg s^{-1} cm^{-2}

Tabla 2.4: Magnitudes, colores y flujos Hα.

#	$B^{\dagger}$	V	R	J	H	K'	$B-V$	$V-R$	$R-J$	$J-H$	$H-K'$	R(nodo)	F(Hα)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	22.54±0.10	21.97±0.07	21.20±0.09	20.09±0.31	19.15±0.21	18.67±0.27	0.57±0.13	0.77±0.12	1.11±0.32	0.94±0.38	0.49±0.34	22.272±0.060	–
2	23.38±0.11	22.72±0.07	21.81±0.07	18.71±0.04	18.16±0.09	17.79±0.06	0.66±0.13	0.91±0.10	3.11±0.08	0.54±0.10	0.37±0.11	22.315±0.064	–
3	22.55±0.09	21.72±0.05	20.81±0.10	18.59±0.06	17.85±0.09	17.61±0.08	0.83±0.11	0.90±0.11	2.23±0.12	0.74±0.11	0.24±0.13	21.186±0.087	–
4	17.80±0.06	16.38±0.01	–	13.30±0.01		12.41±0.01	1.43±0.06	–	–	–	1.04±0.08	15.176±0.257	–
5	21.29±0.07	20.60±0.03	20.01±0.12	18.77±0.11	18.08±0.12	17.79±0.14	0.69±0.07	0.59±0.12	1.24±0.16	0.69±0.16	0.28±0.18	22.013±0.066	–
6	21.22±0.07	20.57±0.03	20.03±0.12	18.96±0.14	18.22±0.13	18.17±0.22	0.65±0.08	0.54±0.12	1.07±0.18	0.74±0.19	0.05±0.26	22.024±0.066	0.104E-14±0.419E-16
7	20.87±0.07	20.20±0.02	19.59±0.13	18.20±0.06	17.45±0.09	17.36±0.09	0.67±0.07	0.61±0.13	1.38±0.14	0.76±0.11	0.09±0.13	–	0.396E-15±0.307E-16
8	20.50±0.07	20.03±0.02	19.43±0.13	18.13±0.07	17.38±0.10	17.33±0.11	0.47±0.07	0.60±0.13	1.30±0.15	0.76±0.12	0.05±0.15	20.988±0.095	0.197E-14±0.198E-16
9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.114E-15±0.290E-17
10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.875E-16±0.165E-16
11	21.35±0.07	20.65±0.02	20.08±0.12	18.92±0.09	18.32±0.11	18.03±0.12	0.71±0.07	0.57±0.12	1.16±0.15	0.60±0.14	0.28±0.17	20.817±0.097	–
12	21.01±0.07	20.37±0.03	19.72±0.12	18.35±0.11	17.52±0.11	17.36±0.14	0.64±0.08	0.66±0.13	1.37±0.16	0.83±0.15	0.15±0.17	–	0.276E-15±0.341E-17
13	19.09±0.06	18.75±0.01	18.20±0.16	17.19±0.03	16.51±0.08	16.36±0.04	0.33±0.06	0.55±0.16	1.01±0.17	0.69±0.09	0.15±0.09	18.716±0.151	0.108E-13±0.254E-15
14	20.50±0.07	19.95±0.03	19.32±0.14	18.03±0.12	17.54±0.14	17.26±0.19	0.55±0.08	0.63±0.14	1.28±0.18	0.50±0.18	0.28±0.23	21.170±0.088	0.650E-15±0.335E-17
15	19.20±0.06	18.75±0.01	18.17±0.16	16.95±0.03	16.29±0.08	16.12±0.04	0.45±0.06	0.58±0.17	1.22±0.17	0.66±0.09	0.17±0.09	20.652±0.101	0.164E-14±0.132E-16
16	18.39±0.06	18.00±0.01	17.45±0.18	16.36±0.02	15.63±0.08	15.50±0.03	0.39±0.06	0.55±0.18	1.08±0.18	0.73±0.08	0.13±0.09	18.377±0.162	0.260E-14±0.126E-15
17	22.31±0.14	21.88±0.12	21.20±0.09	19.83±0.45	–	18.85±0.58	0.43±0.19	0.68±0.15	1.37±0.45	–	–	–	0.413E-15±0.752E-17
18	18.93±0.06	18.51±0.01	17.94±0.17	16.97±0.02	16.30±0.08	16.05±0.03	0.41±0.06	0.57±0.17	0.97±0.17	0.67±0.09	0.25±0.09	18.575±0.156	0.231E-13±0.210E-15
19	18.66±0.06	18.22±0.01	17.65±0.18	16.50±0.02	15.77±0.08	15.69±0.03	0.44±0.06	0.58±0.18	1.15±0.18	0.73±0.08	0.08±0.09	19.581±0.128	0.189E-14±0.250E-16
20	17.70±0.06	17.25±0.01	16.67±0.20	15.50±0.02	14.77±0.08	14.62±0.03	0.45±0.06	0.58±0.20	1.17±0.20	0.73±0.08	0.15±0.09	18.176±0.165	–
21	19.85±0.06	19.47±0.01	18.89±0.15	17.69±0.02	16.98±0.08	16.89±0.03	0.38±0.06	0.58±0.15	1.21±0.15	0.71±0.08	0.08±0.09	20.636±0.101	0.187E-14±0.192E-16
22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.740E-15±0.858E-16
23	20.84±0.07	20.35±0.02	20.00±0.12	18.99±0.14	18.25±0.13	18.00±0.18	0.50±0.07	0.35±0.12	1.01±0.18	0.74±0.19	0.25±0.23	20.376±0.108	0.653E-15±0.128E-16
24	22.54±0.18	22.06±0.16	21.33±0.09	20.69±1.08	–	19.66±1.35	0.48±0.24	0.73±0.18	0.64±1.08	–	–	–	0.385E-15±0.694E-17
25	18.02±0.06	17.60±0.01	17.03±0.19	15.88±0.02	15.16±0.08	15.05±0.03	0.43±0.06	0.57±0.19	1.15±0.20	0.72±0.08	0.11±0.09	19.850±0.121	–
26	15.96±0.06	15.49±0.01	14.92±0.25	13.87±0.01	13.12±0.08	12.95±0.02	0.46±0.06	0.57±0.25	1.05±0.25	0.75±0.08	0.17±0.08	15.122±0.244	0.294E-13±0.300E-15
27	18.08±0.06	17.67±0.01	17.05±0.19	16.17±0.01	15.33±0.08	15.14±0.02	0.42±0.06	0.62±0.19	0.88±0.19	0.84±0.08	0.19±0.08	16.791±0.201	0.619E-13±0.421E-15
28	19.23±0.06	18.73±0.01	18.12±0.17	17.01±0.02	16.23±0.08	16.13±0.03	0.50±0.06	0.61±0.17	1.10±0.17	0.78±0.08	0.10±0.09	–	0.123E-14±0.356E-16
29	19.07±0.06	18.55±0.01	18.00±0.17	16.83±0.02	16.07±0.08	15.95±0.03	0.51±0.06	0.56±0.17	1.17±0.17	0.76±0.08	0.11±0.09	–	0.160E-14±0.868E-17
30	18.61±0.06	18.28±0.01	17.78±0.17	16.61±0.02	15.82±0.08	15.75±0.03	0.32±0.06	0.51±0.18	1.16±0.18	0.79±0.08	0.07±0.09	20.257±0.111	0.474E-15±0.117E-16
31	19.27±0.06	18.77±0.01	18.17±0.16	17.10±0.02	16.27±0.08	16.17±0.03	0.50±0.06	0.60±0.17	1.06±0.17	0.84±0.08	0.09±0.09	20.838±0.104	–
32	19.61±0.06	19.14±0.01	18.53±0.16	17.41±0.02	16.66±0.08	16.53±0.03	0.47±0.06	0.61±0.16	1.12±0.16	0.76±0.08	0.13±0.09	22.259±0.077	0.257E-14±0.253E-16
33	19.26±0.06	18.94±0.01	18.41±0.16	17.24±0.02	16.49±0.08	16.40±0.03	0.32±0.06	0.54±0.16	1.17±0.16	0.74±0.08	0.10±0.08	19.709±0.125	0.221E-14±0.299E-16
34	21.63±0.11	21.30±0.10	20.61±0.10	19.48±0.46	18.82±0.38	18.65±0.69	0.33±0.15	0.69±0.15	1.13±0.47	0.67±0.60	0.16±0.79	–	0.105E-14±0.799E-17
35	18.58±0.06	18.12±0.01	17.57±0.18	16.45±0.02	15.68±0.08	15.60±0.03	0.45±0.06	0.55±0.18	1.12±0.18	0.77±0.08	0.07±0.09	20.115±0.114	–
36	19.52±0.06	19.07±0.01	18.51±0.16	17.34±0.02	16.55±0.08	16.43±0.03	0.45±0.06	0.56±0.16	1.17±0.16	0.80±0.08	0.11±0.09	21.346±0.083	–
37	17.80±0.06	17.42±0.01	16.84±0.20	15.76±0.02	14.98±0.08	14.90±0.02	0.38±0.06	0.57±0.20	1.08±0.20	0.78±0.08	0.08±0.08	17.932±0.171	0.114E-13±0.784E-16
38	18.43±0.06	17.98±0.01	17.42±0.18	16.12±0.02	15.35±0.08	15.27±0.02	0.45±0.06	0.56±0.18	1.30±0.18	0.77±0.08	0.09±0.08	19.596±0.128	–
39	20.58±0.07	19.80±0.03	19.15±0.14	17.68±0.08	16.87±0.10	16.58±0.09	0.78±0.07	0.66±0.14	1.47±0.16	0.81±0.12	0.28±0.13	19.983±0.118	–
40	17.27±0.06	17.04±0.01	16.54±0.21	15.71±0.02	14.98±0.08	14.84±0.03	0.22±0.06	0.50±0.21	0.84±0.21	0.73±0.08	0.14±0.09	17.950±0.171	0.179E-13±0.696E-15
41	18.46±0.06	17.94±0.01	17.37±0.19	16.21±0.02	15.43±0.08	15.37±0.03	0.53±0.06	0.57±0.19	1.15±0.19	0.79±0.08	0.06±0.09	20.423±0.107	–
42	18.14±0.06	17.95±0.01	17.51±0.18	16.62±0.02	15.83±0.08	15.71±0.02	0.19±0.06	0.44±0.18	0.89±0.18	0.79±0.08	0.12±0.08	17.815±0.174	0.269E-14±0.147E-16
43	19.51±0.06	19.19±0.01	18.66±0.15	17.44±0.03	16.77±0.08	16.67±0.04	0.31±0.06	0.54±0.15	1.21±0.15	0.67±0.09	0.10±0.09	20.044±0.117	0.150E-14±0.280E-16
44	19.06±0.06	18.78±0.01	18.36±0.16	17.31±0.02	16.45±0.08	16.35±0.03	0.28±0.06	0.42±0.16	1.05±0.16	0.86±0.08	0.10±0.09	19.535±0.130	–
45	17.93±0.06	17.50±0.01	16.99±0.20	15.87±0.02	15.11±0.08	15.04±0.02	0.43±0.06	0.51±0.20	1.12±0.20	0.76±0.08	0.07±0.08	–	0.999E-15±0.214E-16
46	18.93±0.06	18.59±0.01	18.06±0.17	16.97±0.03	16.14±0.08	16.05±0.04	0.34±0.06	0.53±0.17	1.09±0.17	0.83±0.09	0.09±0.09	19.566±0.131	–
47	19.28±0.06	19.01±0.01	18.47±0.16	17.41±0.03	16.64±0.08	16.52±0.04	0.26±0.06	0.55±0.16	1.05±0.16	0.77±0.09	0.12±0.09	19.228±0.137	0.629E-14±0.530E-16
48	19.16±0.06	18.87±0.01	18.34±0.16	17.42±0.03	16.62±0.08	16.51±0.04	0.29±0.06	0.53±0.16	0.92±0.16	0.80±0.09	0.11±0.09	19.968±0.118	0.346E-14±0.517E-16
49	20.04±0.06	19.48±0.01	18.91±0.15	17.69±0.03	16.88±0.08	16.81±0.04	0.56±0.06	0.57±0.15	1.21±0.15	0.81±0.09	0.07±0.09	21.300±0.084	–
50	20.26±0.07	19.94±0.03	19.41±0.13	18.56±0.18	17.49±0.13	17.80±0.29	0.32±0.07	0.53±0.14	0.85±0.23	1.07±0.23	-0.31±0.32	20.441±0.115	0.100E-14±0.258E-16
51	18.25±0.06	17.95±0.01	17.44±0.18	16.56±0.03	15.73±0.08	15.59±0.04	0.30±0.06	0.51±0.18	0.88±0.19	0.83±0.09	0.14±0.09	18.620±0.154	–
52	18.06±0.06	17.79±0.01	17.22±0.19	16.37±0.03	15.59±0.08	15.39±0.04	0.27±0.06	0.56±0.19	0.86±0.19	0.77±0.09	0.20±0.09	18.434±0.158	0.145E-13±0.276E-15
53	19.99±0.06	19.40±0.01	18.76±0.15	17.53±0.03	16.66±0.08	16.63±0.05	0.59±0.06	0.64±0.15	1.23±0.15	0.86±0.09	0.03±0.10	–	0.396E-15±0.263E-17
54	17.59±0.06	17.24±0.01	16.72±0.20	15.65±0.02	14.86±0.08	14.79±0.03	0.35±0.06	0.52±0.20	1.07±0.20	0.79±0.08	0.07±0.08	17.703±0.177	–
55	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.999E-16±0.104E-17
56	21.21±0.07	20.72±0.03	20.12±0.11	18.91±0.12	17.90±0.11	17.91±0.15	0.49±0.07	0.60±0.12	1.21±0.16	1.01±0.16	-0.01±0.19	–	0.141E-15±0.390E-17
57	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.482E-15±0.642E-17
58	19.39±0.06	19.08±0.02	18.54±0.16	17.51±0.06	16.63±0.09	16.59±0.08	0.31±0.06	0.53±0.16	1.04±0.17	0.88±0.11	0.03±0.12	19.845±0.121	0.546E-14±0.160E-15
59	19.63±0.06	19.10±0.01	18.52±0.16	17.36±0.03	16.48±0.08	16.48±0.05	0.53±0.06	0.58±0.16	1.16±0.16	0.87±0.09	0.00±0.10	–	0.575E-15±0.613E-17
60	21.45±0.07	20.75±0.02	20.17±0.11	18.78±0.09	17.78±0.09	18.01±0.14	0.71±0.07	0.58±0.12	1.39±0.14	1.00±0.13	-0.22±0.17	20.069±0.116	0.104E-15±0.954E-18
61	18.45±0.06	17.61±0.01	17.09±0.19	15.90±0.01	15.05±0.08	15.03±0.02	0.84±0.06	0.52±0.19	1.19±0.19	0.85±0.08	0.02±0.08	17.234±0.189	–
62	20.09±0.06	19.56±0.01	19.00±0.14	17.75±0.04	16.98±0.09	16.94±0.07	0.53±0.06	0.56±0.14	1.25±0.15	0.78±0.10	0.03±0.11	–	0.835E-15±0.622E-17
63	21.87±0.07	21.18±0.02	20.59±0.10	19.43±0.09	18.52±0.10	18.48±0.13	0.70±0.07	0.59±0.10	1.16±0.14	0.91±0.14	0.04±0.16	22.767±0.053	–
64	20.27±0.06	19.92±0.02	19.36±0.13	18.25±0.07	17.46±0.09	17.42±0.10	0.35±0.07	0.56±0.13	1.11±0.15	0.79±0.11	0.04±0.14	20.675±0.100	0.389E-14±0.390E-16
65	21.78±0.08	21.07±0.04	20.55±0.10	19.17±0.17	17.98±0.12	17.89±0.17	0.71±0.09	0.52±0.11	1.38±0.20	1.19±0.21	0.09±0.21	–	0.144E-15±0.247E-17
66	19.46±0.06	18.96±0.02	18.36±0.16	17.35±0.07	16.47±0.09	16.34±0.10	0.50±0.07	0.60±0.16	1.02±0.18	0.88±0.12	0.13±0.13	20.424±0.107	0.347E-14±0.291E-16
67	19.14±0.06	18.39±0.01	17.97±0.17	16.85±0.02	16.02±0.08	16.09±0.04	0.75±0.06	0.42±0.17	1.12±0.17	0.83±0.08	-0.07±0.09	18.052±0.168	–
68	20.99±0.06	20.37±0.02	19.76±0.12	18.52±0.05	17.58±0.09	17.67±0.08	0.63±0.07	0.61±0.12	1.24±0.13	0.94±0.10	-0.09±0.12	22.684±0.052	0.139E-15±0.139E-16
69	21.62±0.08	20.85±0.04	20.19±0.11	18.71±0.12	18.00±0.12	17.51±0.12	0.77±0.09	0.65±0.12	1.49±0.16	0.71±0.17	0.48±0.17	21.283±0.085	–
70	18.09±0.06	17.88±0.01	17.49±0.18	16.69±0.04	15.79±0.08	15.81±0.06	0.21±0.06	0.39±0.18	0.79±0.19	0.91±0.09	-0.02±0.10	17.998±0.169	0.128E-13±0.115E-14

propio de los vientos de estrellas supergigantes tipo O.

Figura 2.13: Espectro ultravioleta extraído del archivo final del telescopio IUE. Este espectro fue obtenido con una apertura de 20″×10″ centrada en las región #26 con ángulo de posición 117°.



2.3.3 Componente *starburst*

En la Figura 2.12 se muestra la apertura a 1 e-*folding* obtenida para el caso de la componente estelar observada en las regiones centrales de la galaxia y que Papaderos et al. (1996a) denominaron componente *starburst*. En la Tabla 2.6 se dan los colores óptico-infrarrojos (sin corregir de extinción) correspondientes a dicha apertura.

Por otro lado, a partir de los espectros correpondientes a las rendijas #4b y #1b se midieron diferentes índices espectroscópicos para esta región. Se empleó para realizar estas medidas el programa INDEXFITS, desarrollado por Cardiel et al. (1998; véase también Cardiel 1999) dentro del paquete de *software* de reducción REDucmE (véase `http://www.ucm.es/info/Astrof/reduceme/reduceme.html`). En las Figuras 2.14 y 2.15 se han representado los índices de la discontinuidad de 4000 Å (D_{4000}), el índice molecular de Mg_2 y los índices de hierro Fe5270 y Fe5406. Las líneas en color gris delimitan las bandas de continuo (excepto en caso del índice D_{4000}),

Tabla 2.6: Colores e índices espectroscópicos medidos para la componente *starburst*.

	Coordenadas	
AR(J2000)	$08^h13^m14.69^s$	
DEC(J2000)	$+45°59'21.9''$	
	Fotometría	
$B-V$	0.39±0.06	
$V-R$	0.54±0.25	
$V-J$	1.59±0.02	
$J-H$	0.77±0.08	
$J-K'$	0.85±0.03	
M_R	−14.6±0.2	
Radio	$4.3''$	
	Índices espectroscópicos	
Rendija	#4b	#1b
D_{4000}	1.38	1.38
Mg_2	0.06	0.04
$H\delta^\dagger$	6.0Å	6.2Å
Fe5270	1.20Å	–
Fe5406	0.74Å	–
Región	$21''\!.45\times2''\!.65$	$14''\!.3\times2''\!.65$

† Anchura equivalente en absorción.

mientras que las dibujadas en negro definen la región correspondiente al índice propiamente dicho. En el caso del índice D_{4000} tanto la banda roja como azul se han representado con trazo gris. El tamaño, las magnitudes óptico-infrarrojas, colores e índices espectroscópicos medidos para esta componente se muestran en la Tabla 2.6.

Figura 2.14: Índices espectroscópicos D_{4000} y Mg_2 para una apertura de 21″.45×2″.65 y la rendija #4b.

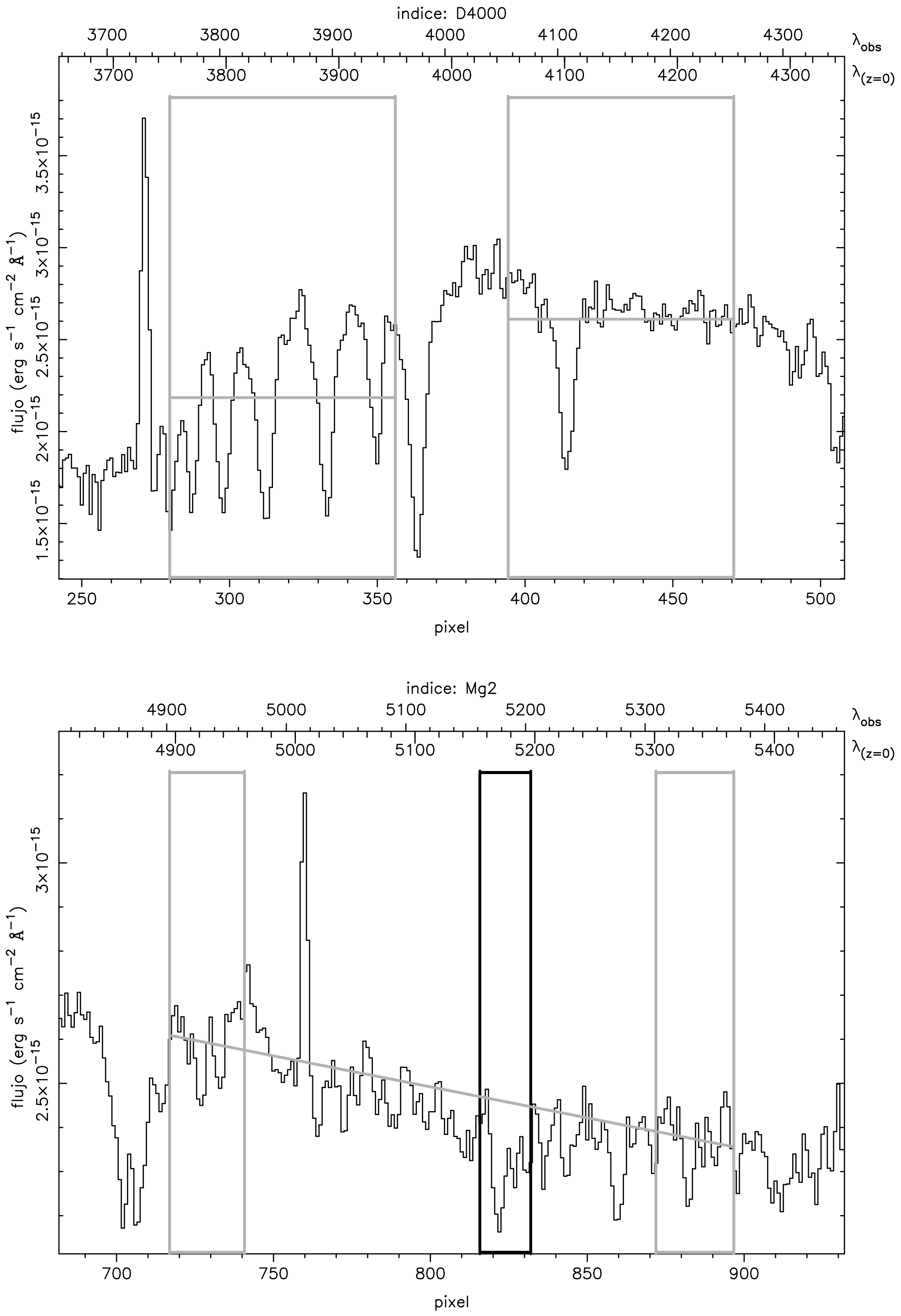
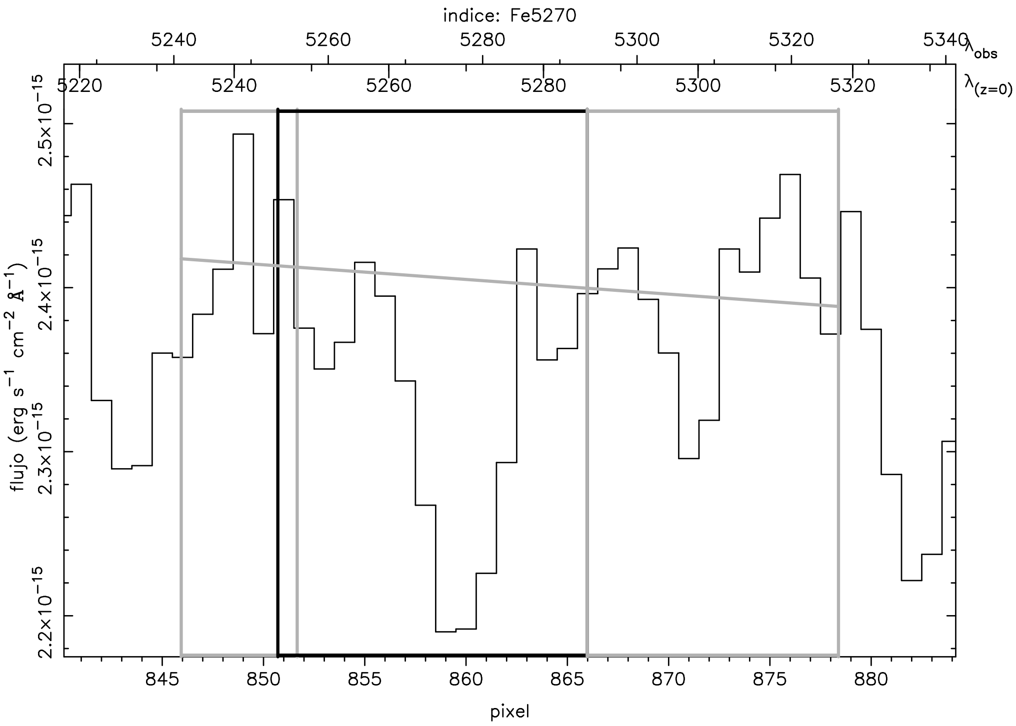


Figura 2.14: Índices espectroscópicos Fe5270 y Fe5406 para una apertura de 21.″45×2.″65 y la rendija #4b.



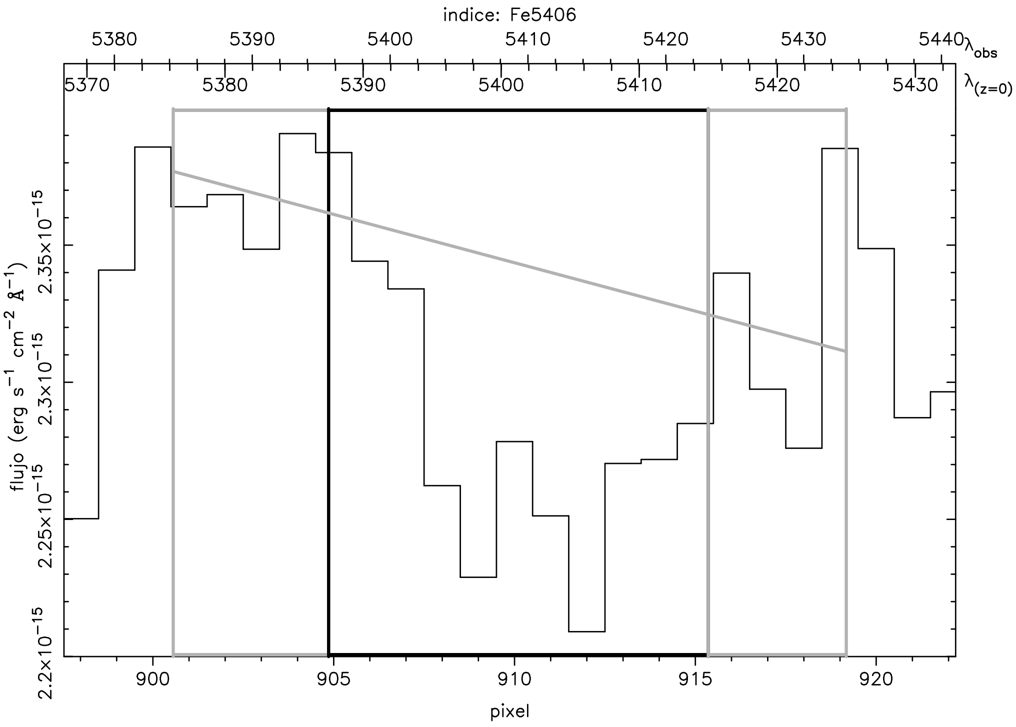


Figura 2.15: Índices espectroscópicos D_{4000} y Mg_2 para una apertura de $14\farcs3\times2\farcs65$ y la rendija #1b.

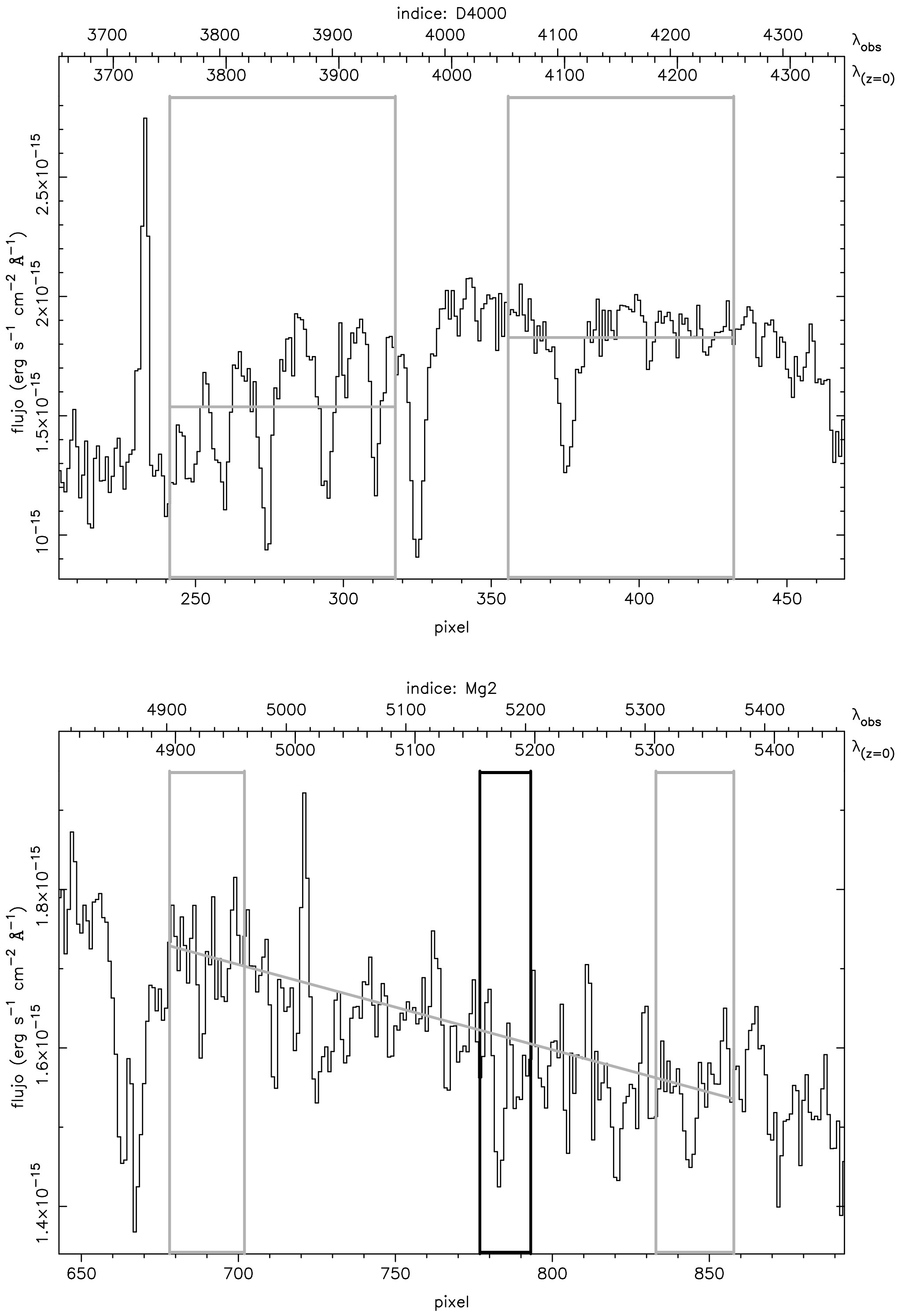


Figura 2.15: Índices espectroscópicos Fe5270 y Fe5406 para una apertura de 14.″3×2.″65 y la rendija #1b.