Apéndice B

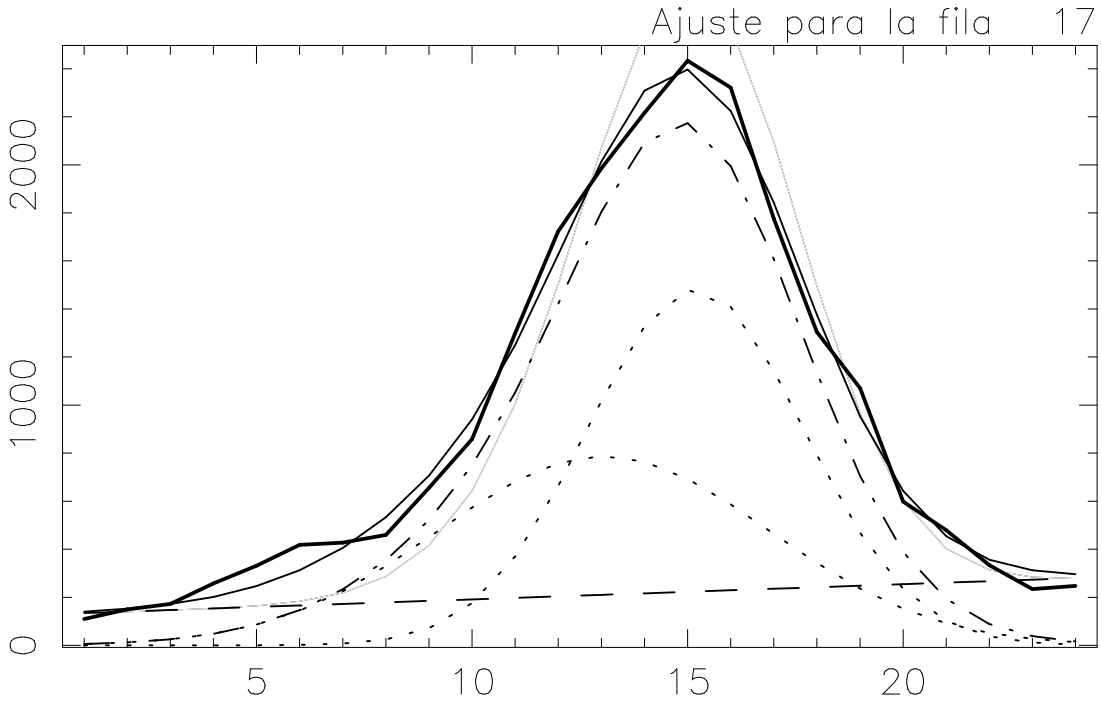
Fotometría de campos saturados de objetos: Programa COBRA

Debido al gran número de regiones de formación estelar (71) presentes en la galaxia Mrk 86 y a la intensa emisión de la población subyacente se desarrolló un programa que nos permitiera eliminar la contribución de dicha emisión subyacente y la posible contaminación proveniente de regiones de formación estelar cercanas.

Este programa fue escrito en lenguaje `fortran77` y se denominó COBRA. Dicho programa dispone de una salida gráfica (`xwindow`, `xserve` o Postscript) que permite introducir y modificar parámetros y alterar el flujo del programa de forma interactiva. Este programa hace uso de las subrutinas PGPLOT, FITSIO y BUTTON (REDUCE; Cardiel et al. 1998; Cardiel 1999). Su filosofía consiste en reproducir el perfil de la región emisora y del fondo con diferentes componentes. Una vez hecho esto se realizan las diferentes medidas sobre la imagen original substraída de la componente de fondo.

A lo largo de este capítulo describiremos el procedimiento seguido dentro del programa COBRA para reproducir dichos perfiles así como la forma en la que se determinaron los tamaños y flujos de las regiones de formación estelar y cúmulos estelares de Mrk 86. Este procedimiento es aplicable, en principio, a cualquier campo saturado de objetos (*overcrowded fields*) similar al observado en Mrk 86.

Figura B.1: Resultados para el ajuste de un perfil mediante el programa COBRA. En *línea continua gruesa* se muestra el perfil observado. Las *líneas punteadas* representan las dos componentes gausianas. La suma de las dos componentes gausianas se ha representado con una línea de trazo *punto-raya*. Finalmente, las líneas *discontinua* y *continua delgada* corresponden, respectivamente, a la contribución del fondo y al ajuste total. Las unidades en el eje de abscisas son pixeles sobre la imagen (escala $0\farcs33\,\mathrm{pixel}^{-1}$).



B.1 Procedimiento de ajuste de los perfiles

En primer lugar **(1)** se selecciona la sección de la imagen de la galaxia correspondiente a la vecindad de la región de interés. Una vez hecho esto, **(2)** se marca la posición aproximada del máximo de emisión de la región. A continuación se extrae automáticamente el perfil a lo largo del eje x de la imagen para dicha posición (véase la Figura B.1). El siguiente paso **(3)** consiste en ajustar dicho perfil a tres componentes, dos gausianas y una recta. Las dos componentes gausianas permiten reproducir el perfil debido a la región emisora y la recta la contribución de la población subyacente o del fondo de contaminación proveniente de una región emisora

cercana. A fin de obtener el mejor perfil mediante la subrutina de minimización `amoeba` (Press et al. 1986) es necesario introducir unos valores iniciales para los parámatros de estas tres funciones. El número total de parámetros son 8 (3 para cada gausiana y 2 para el fondo). Estos valores iniciales se introducen interactivamente marcando de manera aproximada las posiciones del centro y de los puntos a mitad de altura del máximo de las gausianas y la posición del continuo en dos posiciones extremas sobre el perfil.

A continuación, a partir de estos valores iniciales y empleando la subrutina `amoeba` **(4)** se calcula el mejor ajuste y se representa en la salida gráfica del programa (véase la Figura B.1). Si se considera que dicho ajuste es correcto **(5)** se siguen ajustando nuevos perfiles desplazándonos perpendicularmente al eje y de la imagen a ambos lados del máximo de la misma. Los parámetros del mejor ajuste se emplean como parámetros iniciales para el siguiente perfil. Por esta razón se ajusta en primer lugar el perfil en la posición del máximo de emisión de la región.

Una vez concluidos todos los ajustes a lo largo del eje x de la imagen **(6)** se comienzan a ajustar los perfiles a lo largo del eje y comenzando en el perfil correspondiente a la posición del máximo marcado inicialmente. Realizándose desplazamientos en la dirección perpendicular al eje x se ajustan a continuación todos los perfiles.

Finalmente, a partir de los ajustes realizados, **(7)** se representan en la salida gráfica del programa las imágenes correspondientes a cada una de las componentes, las dos gausianas, el fondo, así como los residuos obtenidos tras substraer dichos ajustes a la imagen original. Estas imágenes se obtienen tanto para el caso de los ajustes a lo largo del eje x y eje y, como para las imágenes promediadas de ambos ejes.

En la Figura B.2 se muestran los ejemplos de las imágenes obtenidas mediante este procedimiento para la región #18 de la galaxia Mrk 86. La uniformidad de las imágenes de residuos obtenidas tras substraer de la imagen de ajuste la imagen original garantizan la fiabilidad de este método.

B.2 Determinación de los tamaños

La posición del centro de la imagen se toma entonces como la posición del máximo de emisión de la suma de las dos componentes gausianas. Por su parte, a partir de la

Figura B.2: Imágenes obtenidas a partir del ajuste de los perfiles a lo largo de los ejes x, y junto con el promedio de ambos. Se muestran los resultados para el ajuste total, la suma de las dos componentes gausianas, la componente de fondo y los residuos del ajuste total respecto a la imagen original.

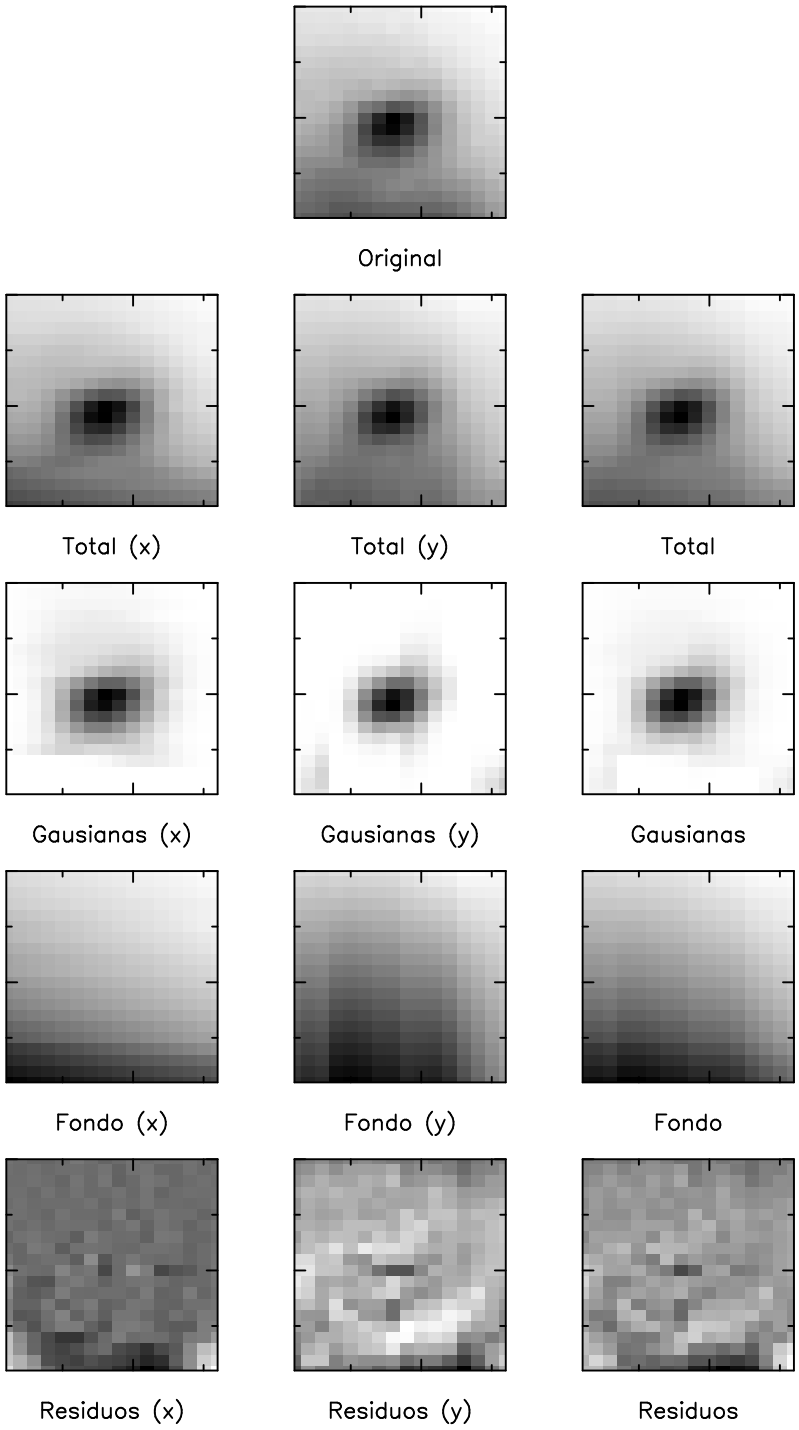


imagen original y de la imagen de fondo ajustada se obtiene una imagen de la región de interés libre de la emisión de la población subyacente y de contaminación de otras regiones. Calculando entonces el área de la región emisora, $A_{\rm x}$, que se encuentra por encima de diferentes valores umbral, $I_{\rm x}$, se estima el radio de la región a 1 e-*folding* como

$$R_{\rm e-folding} = \sqrt{\frac{A_{\rm x}}{\pi \ln(\frac{I_{\rm max}}{I_{\rm x}})}} \qquad \text{(B.1)}$$

donde $I_{\rm max}$ es el máximo de intensidad de la región sin la contribución del fondo. En la Figura B.3 se muestra el cambio en el radio a 1 e-*folding* empleando diferentes valores umbral en una misma imagen substraída de la emisión subyacente. Tal y como se aprecia en esta figura el valor del radio obtenido es aproximadamente el mismo para diferentes valores de la intensidad umbral.

Por su parte, los valores del radio a 1 e^2 y 1 e^3-*folding* se pueden calcular como $\sqrt{2}$ y $\sqrt{3}$ veces el radio a 1 e-*folding*. Los contornos de los nodos se determinan entonces a partir de aquellos pixeles con intensidad mayor que 1/e, $1/e^2$ y $1/e^3$ veces el máximo de emisión.

B.3 Medida de flujos y colores

El flujo total de la región se obtiene a partir del flujo total de la imagen substraída del fondo. A fin de asegurar que la mayor parte del flujo se encontraba dentro de la sección seleccionada se determinaba la curva de crecimiento de la región, no encontrándose diferencias mayores del 20 por ciento en ningún caso. Por su parte, una vez determinados los contornos de las regiones a 1 e, e^2 y e^3-*folding* se determina el flujo dentro de cada una de esas aperturas en la imagen original.

Con la información sobre los pixeles incluidos en dichas aperturas se leen las imágenes de la región en las diferentes bandas y se determinan los colores de las mismas. A fin de realizar esta medida de los colores se degradan previamente todas las imágenes a la peor resolución espacial obtenida. Dicha resolución espacial viene por tanto determinada por aquella de mayor PSF.

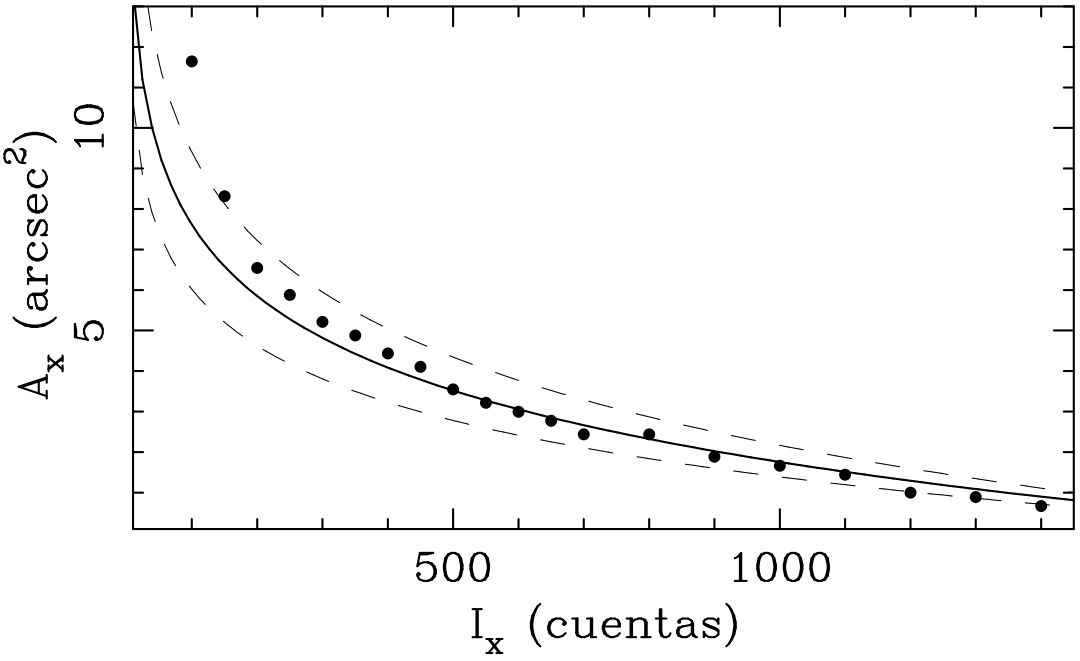



Figura B.3: Variación del área de la región, A_x, con intensidad mayor que un determinado valor umbral I_x. La *línea continua* representa el resultado esperado para un radio de 0.″9 a 1 e-*folding*. Las *líneas discontinuas* corresponden a radios de 0.″8 y 1.″0.