







Capítulo 2

Descripción de las observaciones empleadas

Para este estudio se usaron observaciones de unos archivos del *Telescopio Espacial Hubble* (*HST*), debido a que este nos brinda unas imágenes con una **excelente** resolución angular permitiendonos estudiar de manera efectiva una gran cantidad de objetos estelares, tales como los objetos LL y los arcos de los proplyds en la Nebulosa de Orión, los cuales presentan fuertes líneas de emisión de $H\alpha$ y $[O III]$. Es así que en las imágenes tomadas por el *HST* los choques de proa resultan ser muy visibles en el óptico que en cualquier otras líneas de emisión, puesto que en la cáscara chocada domina la emisión de líneas de recombinación tales como $H\alpha$ y para el caso de líneas generadas a partir de la excitación por colisión dominan esencialmente las de $[O III]$.

Por tanto en este trabajo se han usado las imágenes de la cámara **Advanced Camera Survey** (ACS) a bordo del *HST* como parte del Programa GO-9825 con **investigador** principal **Bally et al. (2006)**, para identificar los objetos LL y trazar la forma de los choques de proa. Esta cámara cuenta con el filtro F658N lo que indica que son imágenes de $H\alpha + [N II]$. La importancia de utilizar estas observaciones radica en que estas imágenes tienen una buena señal a ruido, debido a que manifiestan grandes tiempos de exposición, permitiendonos analizar óptimamente las fuentes que se desean estudiar. No obstante una de las desventajas de estas observaciones; es que no tienen una cobertura completa de la Nebulosa de Orión, por ejemplo los objetos LL7 y 4285-458 quedan por fuera de estas imágenes. Otra desventaja palpable de las observaciones del ACS-F658N; es que dichas imágenes están contaminadas por las líneas de $[N II]$. Para solucionar el problema de la falta de cobertura en las imágenes de Bally, se cuentan con unas  observaciones de **Robberto et al. (2013)** las cuales también son de la cámara ACS-WFC, pero con la diferencia de que estas hacen parte del programa **Theasury**, estas imágenes si tienen una cobertura completa de la Nebulosa de Orión y además de esto  presentan una alta señal a ruido. Para solucionar el problema de la contaminación por $[N II]$  como veremos en este capítulo contamos con unas observaciones de la cámara planetaria (PC por sus siglas en inglés) *Wide Field Planetary Camera 2* (WFPC2), también de Robberto. La resolución de las imágenes de esta cámara es muy buena  pero alvergan la ventaja de que tiene el filtro F656N que sólo deja pasar las líneas de $H\alpha$, entonces se  usarán estas observaciones para separar las líneas de $H\alpha$ de las líneas de $[N II]$ en la observaciones de Bally. Puesto que necesitaremos el brillo superficial de $H\alpha$, para determinar el producto $\dot{M}_w V_w$ del viento de los proplyds o de las estrellas T-Tauri.

Por último, contamos con las observaciones de unos viejos mosaicos  de la cámara WFPC2 como parte del programa GTO-5085, dichas observaciones no san tan eficientes, pues su señal a ruido es muy baja. Pero estas tienen la ventaja que con la implementación de los filtros f656n y f658n en este programa, se obtuvieron imágenes de $H\alpha$ y $[N II]$ separadamente, útiles

para la verificación de la calibración del flujo. En este programa se tomaron imágenes del continuo usando el filtro f547m, útil en nuestro caso para hacer la corrección del brillo superficial por la contribución del continuo. Finalmente, tenemos un mosaico de unas imágenes de [O III], obtenidas mediante el uso del filtro f502n durante las visitas del *HST*, estas imágenes nos van a permitir ver los objetos de alta ionización en las regiones cercanas del Trapecio donde las estrellas son muy débiles. A continuación daremos una descripción más detallada del juego de observaciones utilizadas en esta tesis.

2.1 El programa GO-9825 y el filtro F658N

En primer lugar hemos trabajado con las imágenes de Bally et al. (2006), las cuales son observaciones que han sido obtenidas con la cámara *Wide Field Camera* (WFC) ACS a bordo del *HST*, durante el ciclo 12 del programa GO-9825, donde se obtuvieron 26 imágenes que cubren gran parte de la Nebulosa de Orión, cada imagen fue tomada durante una órbita del *HST*. Las áreas cubiertas fueron observadas usando el filtro F658N ($H\alpha + [N II]$) y tiempos de exposición de 500 s por punto observado en la nebulosa. Dos posiciones, separadas por $96''.8$ en el eje-y de los detectores del ACS fueron observados durante cada órbita (Bally et al. 2006), correspondiendo a un campo de visión de aproximadamente $200'' \times 300''$ para cada imagen resultante. En este sentido las distintas imágenes de la Nebulosa de Orión tomadas durante las 26 órbitas cubrieron un área total de aproximadamente 415 arcmin^2 . La figura 2.1 muestra la ubicación de cada uno de los 26 campos (visitas) del ACS, donde se han superpuesto en una imagen de [SII] tomada por el telescopio reflector Mayall ubicado en Kitt Peak cerca de Tucson, para mayor información hechar un vistazo al artículo de Bally & Reipurth (2001). Cada rectángulo representa un campo de cada visita del *HST*, del detector CCD de 2046×4096 pixel.

La importancia de utilizar las imágenes de Bally radica en que la señal a ruido es muy buena, debido a que tienen tiempos más largos de exposición, con esto lograron que el detector CCD recojiera el mayor número de fotones posibles por pixel, implicando que la señal sea muy alta en comparación al ruido, obteniendo por consiguiente imágenes de alta resolución. Por tanto para nuestro trabajo vamos a utilizar estas imágenes para trazar la forma de los arcos de proa radiativos de las estrellas LL Ori, puesto que en estas imágenes se logran ver de manera clara los límites de la cáscara chocada.

Por otro lado, como ya se dijo arriba esta cámara (ACS) contiene el filtro F658N, el cual es un filtro de banda ancha (50\AA), que permite obtener imágenes de $H\alpha + [N II]$, donde principalmente domina las líneas de $H\alpha$ y en menor grado las líneas de [N II]. Sin embargo, la desventaja de utilizar estas observaciones es que no tiene una cobertura completa de la Nebulosa de Orión¹ y además estas observaciones están contaminadas por líneas de [N II]. Por último es importante señalar que de los 26 campos del ACS-F658N que mapean la región, nuestros objetos se encuentran distribuidos en los campos: 01, 02, 06, 07, 08, 09, 14, 16, 17 y 24. En la figura 2.2 se muestra como es la apariencia de uno de estos campos (visita) de la cámara ACS.

2.2 Programa Treasury del Telescopio Espacial Hubble

El Programa Treasury del *HST* descrito en el artículo de Robberto et al. (2013), fue destinado para el estudio de las componentes estelares de la ONC en las longitudes de onda del visible. El programa se basa en un total de 104 órbitas (ciclo 13), cubriendo de este modo

¹Los objetos, LL7 y 4285-458 quedan por fuera de los campos de Bally.

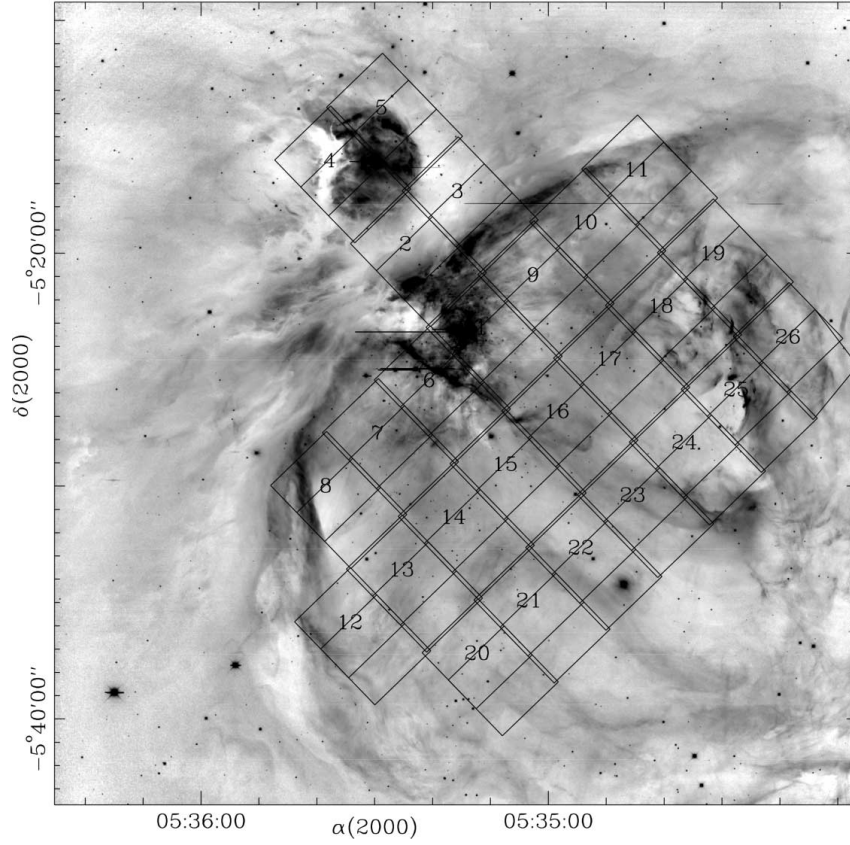


Figura 2.1: Posiciones de los 26 campos del ACS observadas con el *HST* durante el ciclo 12 del programa GO-9825, superpuestas en una imagen de [SII] obtenida con un mosaico de detectores CCD del telescopio reflector Mayall situado en Kitt Peak, Arizona. Los rectángulos representan las imágenes CCD del ACS con un tamaño de 2046×4096 pixel cada uno. Esta imagen es tomada de [Bally et al. \(2006\)](#).

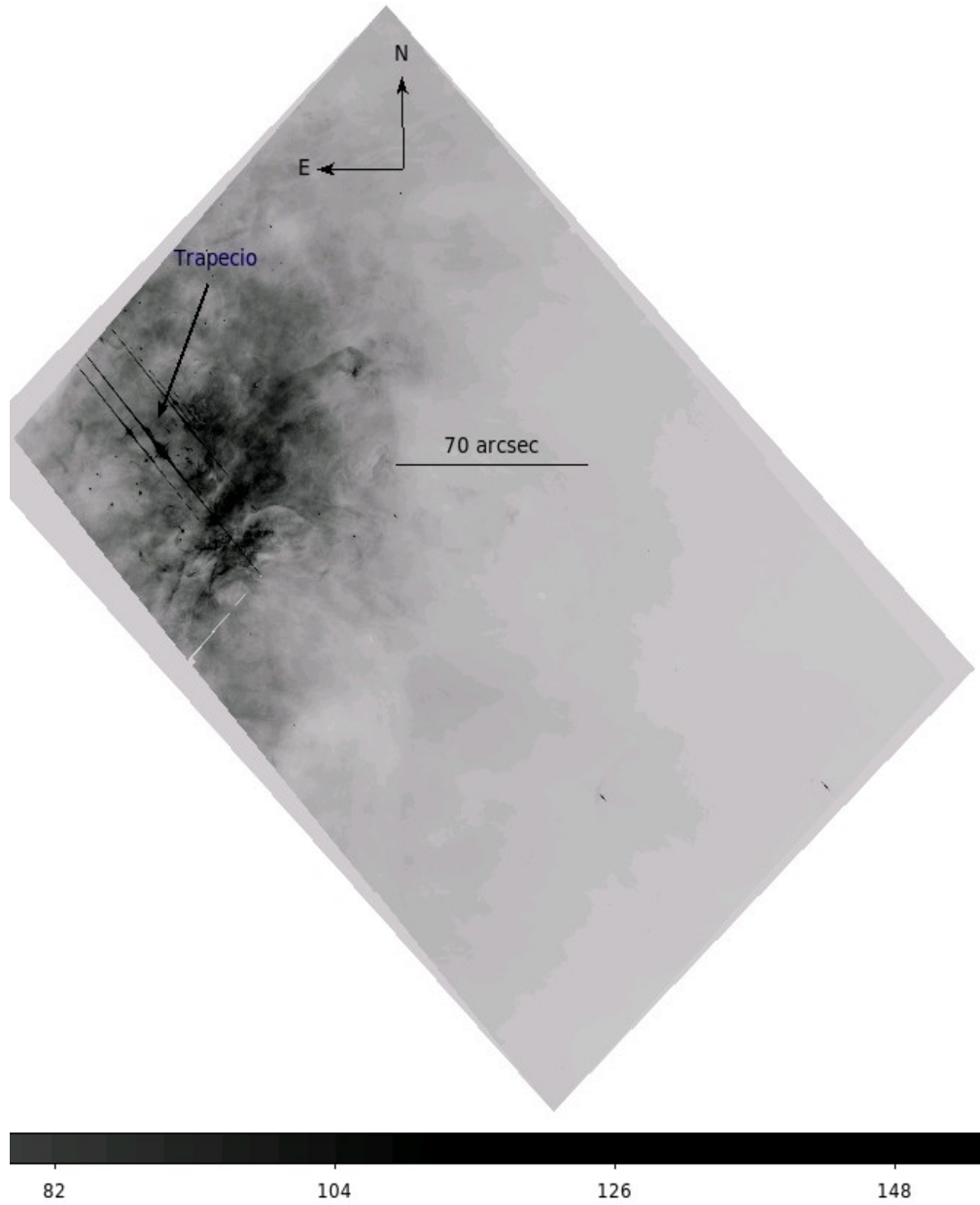


Figura 2.2: Campo 01 del WFC-ACS; que corresponde a una imagen de $H\alpha + [N II]$ observadas con el *HST* durante el ciclo 12 del programa GO-9825, usando el filtro de banda ancha F658N, en ella se puede apreciar el Trapecio y algunos choques de proa en sus cercanías.

las regiones más brillantes de la Gran Nebulosa de Orión en el rango del espectro electro-magnético que caen en el óptico, usando filtros de banda ancha para obtener la fotometría más precisa del mayor número posible de objetos de baja masa presecuencia principal. Las cámaras a bordo del *HST* usadas para este fin son; la ACS-WFC, la Cámara Planetaria WFPC2 y la Near-Infrared Camera and Multi-Object Spectrograph (NICMOS), las imágenes de esta última cámara no son consideradas para este estudio.

Todo esto aplica a los datos de Bally también. Mejor moverlo allí y luego aquí nada mas dar las diferencias, que es solo el tiempo de exposición creo

La cámara ACS-WFC y el filtro F658N-H α . La cámara ACS-WFC está basada en un mosaico de dos detectores CCD de 2048×4096 pixel. La óptica del instrumento ofrece una escala espacial de aproximadamente 50 mas pixel⁻¹, correspondiendo a un campo de visión de $202'' \times 200''$. Con esta cámara se cuenta con la presencia del filtro F658N-H α , el cual está destinado al mapeo del material circunestelar de las estrellas con la más alta resolución posible y sobre todo para discriminar fuentes extendidas de emisión. En la figura 2.3 se logran ver las posiciones de los campos de la camara ACS del Programa Treasury superpuestos en una imagen de la Nebulosa de Orión.

5-1

La cámara WFPC2 y el filtro F656N-H α . Un compendio de imágenes tomadas con la cámara planetaria (PC) WFPC2, han de brindar otra oportunidad de estudiar los arcos LL de la Nebulosa de Orión. Puesto que la ya mencionada WFPC2, que entre otras cosa utiliza cuatro CCDs de 800×800 pixel a bordo del *HST*, ha tomado un conjunto de imágenes que cubren en su mayoría a la Nebulosa de Orión a diferencia de las imágenes de Bally que no tienen una cobertura total de la misma. Se han usado 104 órbitas del *HST* para dicho fin, como parte del Programa Treasury (Robberto et al. 2013). En la figura 2.4 se pueden apreciar los campos (visitas) del WFPC2, que entre otras cosas cubren un área total de 570.5 arcmin^2 .

Uno de los filtros usados en este ambicioso programa es el filtro F656N. Este es un filtro de banda angosta de H α , que sólo permite el acceso de estas líneas (H α $\lambda = 6563 \text{ \AA}$), es así que no permite que pasen las líneas de [NII] ($\lambda = 6583 \text{ \AA}$). Entonces para este trabajo usamos las observaciones de Robberto et al. (2013) (WFPC2) debido a que estas imágenes son sólo de H α . En este orden de ideas, la idea de usar las imágenes de la cámara WFPC2-F656N va a permitir que sea posible separar las emisiones de H α de [NII] en las imágenes de Bally, subsecuentemente podremos utilizar estas imágenes de ACS corregida por [NII] para determinar parámetros astrofísicos tales como el flujo de momento de los arcos de proa y esto es porque las observaciones de Bally tienen mejor resolución como se dijo arriba.

2.3 Otras observaciones de la cámara WFPC2: viejos mosaicos

Para este estudio también se cuenta con unas observaciones, un poco más viejas que mapean una región particular de la Nebulosa de Orión. Estas observaciones son el resultado de dos programas del *HST*, el primero de estos es el programa GTO-5085 (Guaranteed Time Observer por su nombre en inglés) cuyo principales investigadores fueron O'dell & Wong (1996) y el segundo corresponde al programa GO-5469 (General Observer por su nombre en inglés) con Jhon Bally como principal investigador. Las imágenes proporcionadas por el programa de Bally fueron usadas principalmente para el estudio de proplyds con una alta resolución espacial, usando la cámara planetaria (PC) WFPC2 a bordo del *HST*. En estas imágenes el tamaño de los pixeles es de $0.0996''$ algo muy característico de las cámaras WF (Holtzman et al. 1995). Los campos seleccionados para la formación de las imágenes se determinaron de tal manera que tengan una cobertura continua de un área en la parte central de la Nebulosa de Orión, en este sentido se tiene una superposición de los campos, representados a través de unos mosaicos de la cámara WFPC2. Se hablan de varios mosaicos puesto

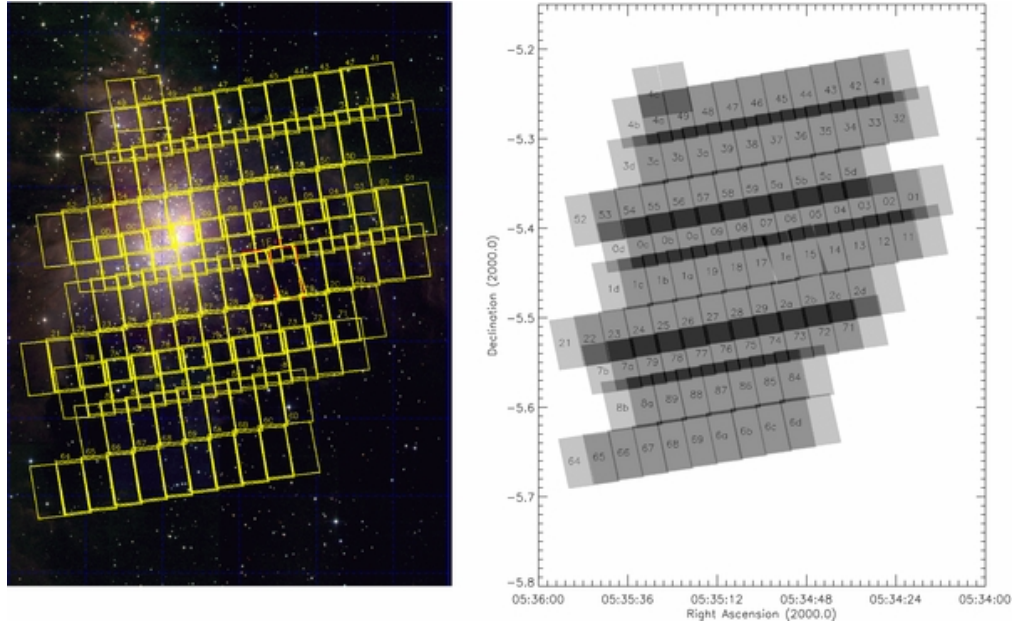


Figura 2.3: *Izquierda*. Campos de la cámara ACS superpuertos en una imagen de JHK de la Nebulosa de Orión de 2MASS. *Derecha*. Representación de los campos del ACS obtenidas a partir de 104 visitas del *HST*, como parte del *Programa Treasury*. Mapean una área considerable de la Nebulosa de Orión. Las partes partes mas oscuras son las regiones de solapamiento entre las distintas visitas. También se puede ver el número de identificación de cada campo, para ser referenciado. Imagen tomada de [Robberto et al. \(2013\)](#).

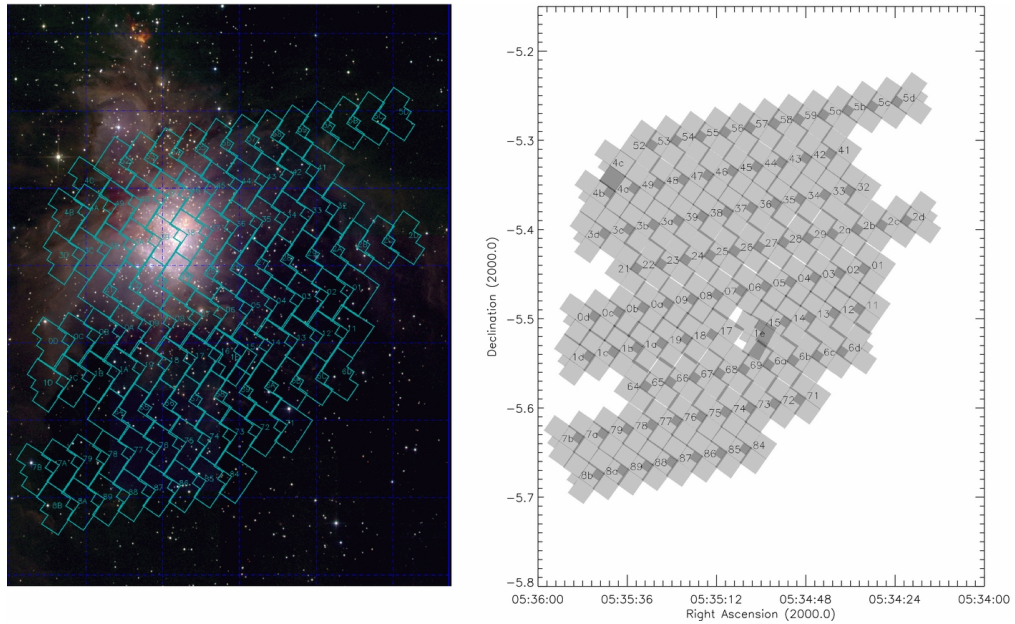


Figura 2.4: Igual que la figura [2.3](#) para los campos de WFPC2.

que se utilizaron **múltiples** filtros del programa GTO-5085 para registrar diferentes líneas de emisión. Los extremos de la región mapeada fueron elegidos con el propósito de incluir objetos de particular interés, tales como objetos Herbig-Haro en el norte y los choques de proa en el suroeste (O'dell & Wong 1996).

Los filtros usados fueron seleccionados de tal manera que se capturaran las líneas de emisión más fuertes, es decir aquellas que representaran un rango razonable de condiciones de ionización. Por tanto se cuenta con un mosaico en el que se usó el filtro f658n, es decir en este mosaico domina sólo la presencia de la línea de emisión [N II] (6584 Å). También se cuenta con un mosaico, en el que sólo dominan las líneas de emisión de H α (6563 Å), puesto que para capturar las imágenes se usó el filtro f656n. En esta lista se incluye un mosaico cuyas imágenes son el resultado del uso del filtro f502n, donde se han registrado las líneas de emisión de [O III] (5007 Å), que provienen de regiones con la más alta ionización en la nebulosa. Por último existe un mosaico formado por los campos obtenidos a partir del filtro f547m (Burrows 1995), este es un filtro suficientemente ancho (en comparación a los demás filtros), ubicado en una región del espectro electromagnético, donde no hay líneas fuertes de emisión, por tanto este mosaico son unas imágenes del continuo. Los tiempos de exposición para cada filtro son: f656n; 200 s, f658n; 500 s, f502n; 200 s, f547m; 50 s para el programa GO-5085.

Otra utilidad de usar estos
datos más antiguos es que
nos permite distinguir
entre los arcos
estacionarios y los secos
de objetos HH por su
movimiento propio

Se podría presentar la
información de este
capítulo más claramente en
forma de una tabla.

Por favor piensa sobre
cuáles son las columnas que
se debe incluir en tal
tabla

1-1

24/10/2014 10:23, William Henney

No es cierto que son de la PC. Ver el artículo de Robberto

Cada exposición usa el instrumento completo: 3 chips de WFC mas una de PC. Luego las imágenes son mostradas a la resolución del PC aunque la resolución original es peor para la mayor parte del campo.

1-2

24/10/2014 10:23, William Henney

Los pixeles son mas grandes por un factor de ~ 2 pero el PSF queda igual entonces no esta mostrada bien con los pixeles del WFC

1-3

24/10/2014 10:23, William Henney

Aquí hay que explicar que el WFC del ACS significa Wide Field Channel.

Y que este no se debe confundir con el WFC del WFPC2 que quiere decir Wide Field Camera

1-4

24/10/2014 10:23, William Henney

Con una contaminación mínima de la línea [N II] 6548

Tal vez sería bueno aquí incluir una gráfica de los band passes

1-5

24/10/2014 10:23, William Henney

Mas bien es para determinar la densidad electrónica y presión térmica en la cáscara chocada. Lo demás es consecuencia de estos.

1-6

24/10/2014 10:23, William Henney

Este de la eficiencia más baja es una propiedad del WFPC2 comparada con el ACS, entonces se debe discutir antes cuando estas hablando de los datos de Robberto.

La otra desventaja que tiene estas observaciones es que la cobertura es mas restringida, particularmente las observaciones del PC que solo cubren el centro de la nebulosa con radio menor a medio minuto de arco aproximadamente

2-1

24/10/2014 10:23, William Henney

No es que las estrellas son débiles en el centro. Es que en el filtro de [O III] son débiles comparado con los arcos.

2-2

24/10/2014 10:23, William Henney

Channel

2-3

24/10/2014 10:23, William Henney

El señal a ruido no afecta la resolución.

5-1

24/10/2014 10:23, William Henney

Ver arriba