

Capítulo 3

Nebulosa M1-67

M1-67 es la nebulosa circunestelar alrededor de la estrella WR-124, que tiene índice espectral WN8h. En las figuras 3.1 y 3.2 se puede apreciar que esta nebulosa tiene una gran estructura así como la presencia de muchos glóbulos en ella. Estos glóbulos son con los que vamos a trabajar para probar el modelo hidrodinámico estacionario propuesto.

Si bien en la figura 3.1 no se pueden apreciar muy bien los glóbulos a simple vista, esto fue más sencillo usando la figura 3.2 ya que debido a su gran variedad de filtros y alta resolución se pudieron observar a simple vista así como su posible interacción con el viento.

Parámetros de la estrella WR 124		
D	5.429 kpc	J. Arthur, priv. comm.
v_∞	710 km/s	Hamanou et al. (2006)
\dot{M}	$2 \times 10^{-5} M_\odot/\text{yr}$?
S_*	$1.25 \times 10^{49} \text{ s}^{-1}$	Crowther (2007)
$F_{H\alpha}$	$3 \times 10^{-14} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Grosdidier et al. (1998)

Tabla 3.1: Parámetros de WR 124

Hay que dar
incertidumbres en todas
estas cantidades, donde
sea posible. En particular,
los que usamos en
nuestra análisis.

→
Mencionar
las épocas de
observación que usamos

Mencionar que usamos los otros filtros
y la espectroscopía para averiguar que la
contaminación de F656N por [NII] y por
continuo es despreciable.

Aquí falta dar
una breve historia
de estudios
anteriores de la
nebulosa, con
referencias -
↑

3.1. Observaciones con HST

Hubble Legacy Archive

Para las observaciones con el Telescopio Espacial Hubble (HST) utilizamos los datos del proyecto HLA, los cuales son tipo imagen en formato FITS con un nivel de calibración 3. Se observó en el filtro F656N utilizando la cámara WFPC2 para ver la emisión en H α . Este archivo tiene un tiempo de exposición de 4200 s.

En esta imagen podemos ver el gas ionizado, por lo que podremos ver la cáscara chocada de los glóbulos.

21

Para hacer esto, te
recomiendo primero recopilar
la lista de referencias
pertinentes, organizadas
por ejemplo en estudios de
imágenes y de espectroscopía
y cinemática. Luego, construir
el narrativo mínimo que abarca a todos.

Mencionar que los nudos fueron identificados
en las imágenes HST, pero su naturaleza y su relación
con otras estructuras en el gas ionizado no fue clara

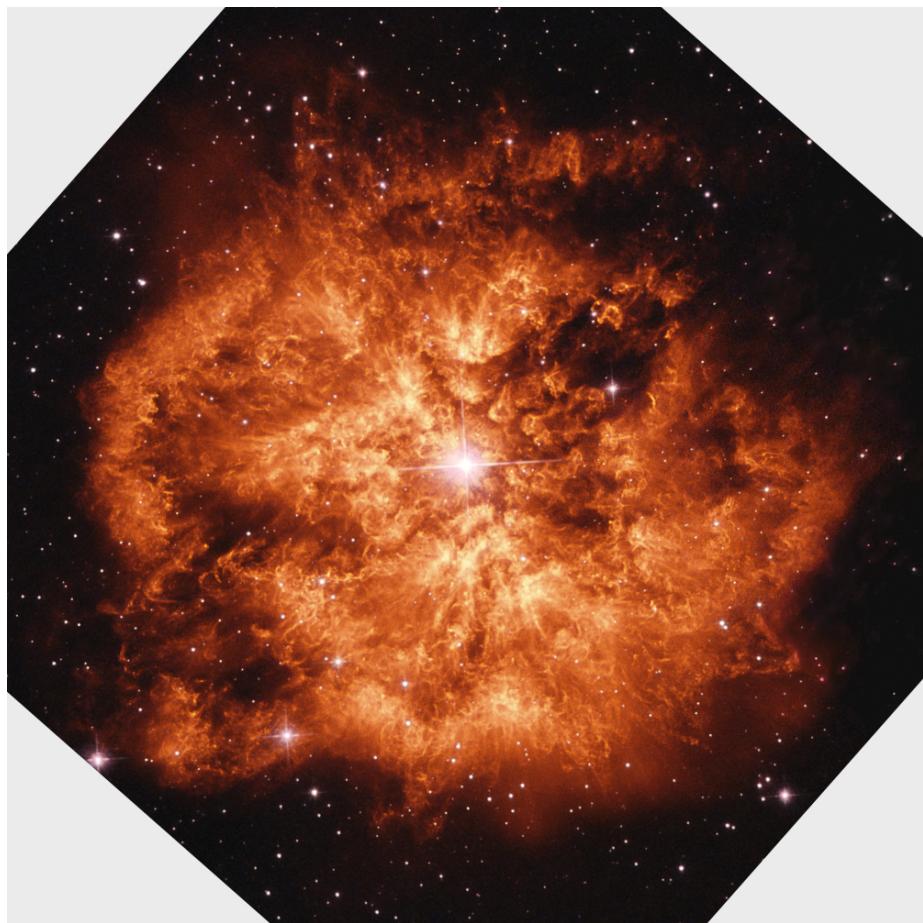


Figura 3.1: Imagen de M1-67 con el filtro H α .

3.2. Observaciones con JWST

Para las observaciones con el Telescopio Espacial James Webb (JWST) usamos las observaciones propuestas por Klaus M. Pontoppidan con número de propuesta 2730. Se usaron los filtros F090W, F150W, F210M, F335M, F444W, F470N de la NIRCAM con un tiempo de exposición de 2662.72 s. Estos archivos son tipo imagen de nivel 3 y están en formato FITS.

Con la gran variedad de filtros del JWST podemos usar combinaciones para ver diferentes tipos de emisión y gracias a su gran resolución ver mejor las diferentes estructuras.

Mencionar que a diferencia de la imagen HST de H α , los filtros JWST son de banda ancha y tienen contribuciones de múltiples mecanismos de emisión:

- continuo de estrellas
- líneas de emisión de la nebulosa
- continuo dispersado por polvo
- emisión térmica del polvo
- bandas PAH.



Figura 3.2: Imagen de M1-67 con JWST
 Altro corresponde a cada color.
 Ví citar el origen de la imagen.
 debido

3.3. Glóbulos en la nebulosa M1-67

Como ya mencionamos, estos glóbulos fueron posibles de encontrar en gran parte a la variedad de filtros y la gran resolución del JWST como se puede ver la figura 3.3. Se encontraron más de 100 glóbulos en casi toda la nebulosa de los cuales algunos estaban en grupos y otros solos. En las observaciones del JWST se puede llegar a observar lo que pareciera ser la cáscara chocada (Capítulo 2).

De las observaciones vemos que estos glóbulos tienen tamaños típicos de 200–300 mili arco segundos de diámetro que son relativamente pequeños si los comparamos con la nebulosa circunestelar que es de unas decenas de arco segundos.

La distribución de estos glóbulos nos hace pensar en una cierta simetría como podemos ver en la figura 3.4, donde la separación es la distancia del glóbulo a

Puedes dar una descripción mucho más precisa de la distribución.

Empezar con lo empírico – los PA tiene dos picos anchos; separados por mínimos con $\approx 120^\circ$ y 300° (ver Fig 3.4), et cetera. Y luego relacionar lo con la geometría de la nebulosa que se ha establecido en estudios anteriores.

Está poca clara tu descripción — ¿qué tipo de simetría es?

y igual describir la distribución de los radios.

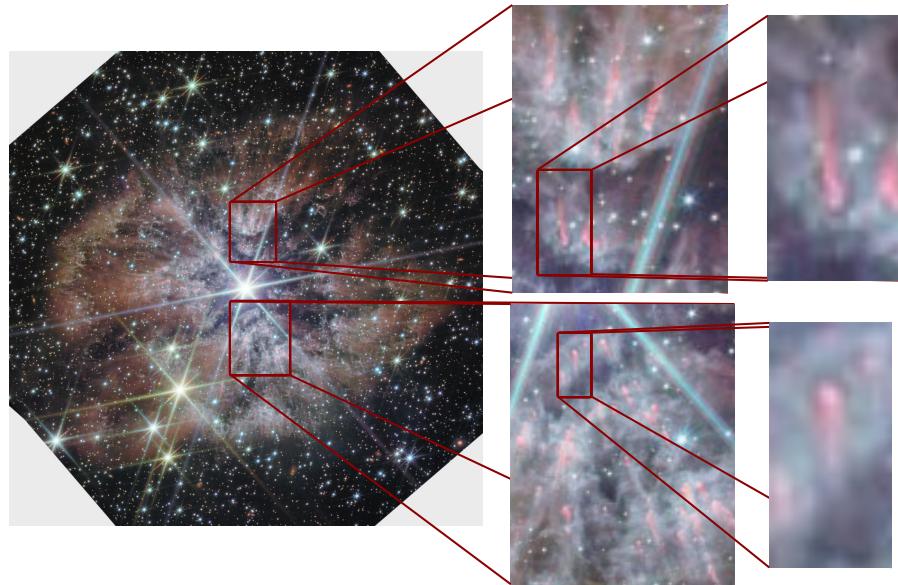


Figura 3.3: En esta imagen capturada con el JWST vemos la nebulosa M1-67 y en ella la presencia de glóbulos en casi toda la nebulosa. Haciendo zoom en estos glóbulos (la emisión en color rosa), vemos como puede ser su morfología en la parte neutra debido a la emisión de PAHs. Mientras que en color gris vemos lo que parece ser su interacción con la estrella y su viento estelar.

¡Repetición!

la estrella y la posición angular es tomada en sentido contrario a las manecillas del reloj desde el polo norte de la imagen de M1-67.

Estos glóbulos parecen tener una gran variedad de estructuras como vemos en la figura 3.5, donde los glóbulos están marcados con círculos verdes. En esta imagen vemos una gran variedad de glóbulos en una zona pequeña.

Las morfologías en f656n y f090w se parecen mucho, pero el último filtro tiene una mayor resolución. En estos dos filtros y en la imagen de gas ionizado podemos ver la interacción del flujo fotoevaporativo por parte del glóbulo con la estrella y su viento estelar, por lo que aquí podemos darnos una mejor idea de como son sus cáscaras chocadas.

En el filtro f1130w vemos mejor lo que parecen ser las estrellas de los glóbulos. Algunos parecen ser más pequeños que otros. Un caso muy llamativo es cuando los glóbulos están muy cerca los unos de los otros y pareciera que sus estrellas se juntan, incluso en algunos casos pareciera que estas estrellas están interaccionando con otros glóbulos. En este filtro también se puede ver de manera muy tenue lo que pareciera ser la interacción del flujo fotoevaporativo por parte del gas y el viento estelar.

En el caso del gas neutro vemos mejor como es la morfología del glóbulo, por lo que aquí podemos conocer mejor las propiedades del glóbulo.

Hay que explicar esto en más detalle.

Lo que muestras en la figura no puede ser la emisión en este filtro porque tiene valor bajo (negro) en las zonas neutras.

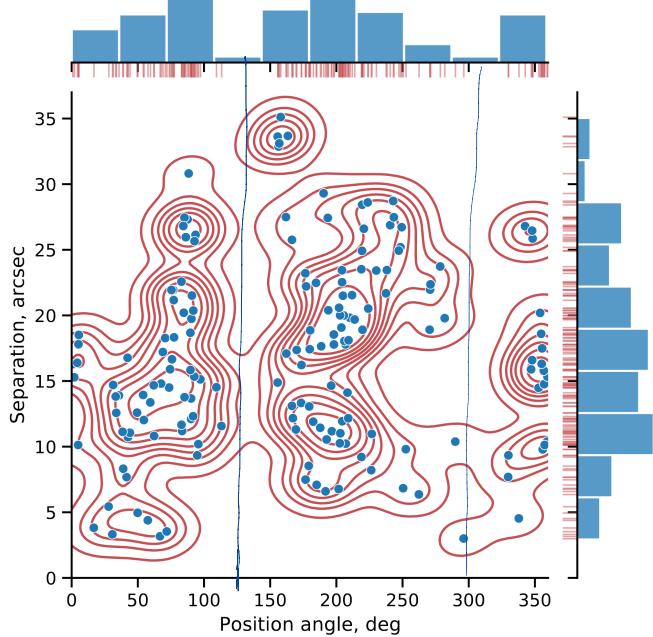


Figura 3.4: Distribución de los glóbulos en la nebulosa M1-67

En la imagen con el filtro f656n vemos que esta no se ve afectada por difracción del telescopio, pero la resolución no es tan buena, por lo que usar las imágenes con el JWST es una buena alternativa para comparar. Por otro lado, las imágenes del JWST se ven muy afectadas por la difracción del telescopio.

3.4. Estimando la presión RAM del viento estelar

Para este trabajo solo vamos a considerar como presión externa la presión RAM del viento estelar por parte de la estrella WR-124, la cual la vamos a tomar como

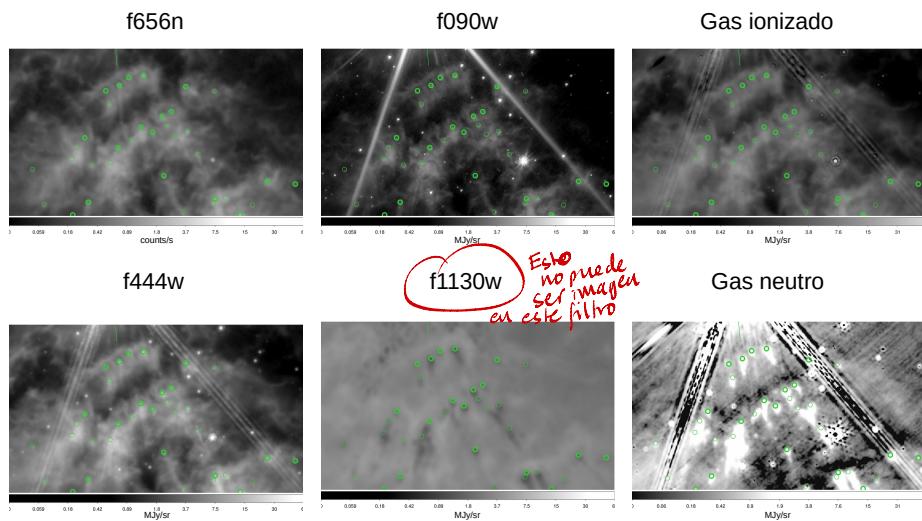
$$P_{RAM} = \frac{\dot{M}v_\infty}{4\pi R^2}$$

donde \dot{M} es la tasa de pérdida de masa por parte de la estrella, v_∞ la velocidad final del viento y R la distancia del nudo a la estrella. Los dos primeros datos están dados en la tabla 3.1 y para R vamos a tomar la distancia de cada glóbulo. En la figura 3.6 vemos como es esta presión RAM del viento como función de la distancia.

- En la pre de figura,
hay que dar una
descripción mucho más
amplia, explicando cada
elemento de la figura:
- puntos azules
 - contornos
 - histogramas marginales

← ¡No es correcto! Lo que
quieres decir es que la imagen
HST F656N no está afectada
por la emisión de las estrellas
porque es un filtro delgado que
minimiza la transmisión del
continuo. En cambio, los
filtros JWST de NIR
(en particular F090W y
F150W) están muy afectados
por estrellas: las estrellas
númeras débiles de
fondo (o primer plano),
y las estrellas brillantes,
cuya particular WR124,
que muestran espigas
de difracción.

Muy bien
ser más
específico..
Es la presión extrema de
confinamiento de
las cáscaras
chocadas de interacción



Te recomiendo
no saturar
tanto la
imagen. Estás
euforizando la emisión
débil, que no es
confiable

Figura 3.5: La imagen del filtro f656n (esquina superior izquierda) es la emisión de H α por parte del HST. Las demás imágenes son utilizando los filtros del JWST. Para el caso del gas ionizado se usó la siguiente combinación de filtros f44w-0.43 f335m-0.16(f150w-0.6 f210m), mientras que para la emisión de gas neutro se utilizó la combinación 1.4(f150w-0.6 f210m)+f335m-0.95 f210m. Los círculos verdes marcan las posiciones de los glóbulos.

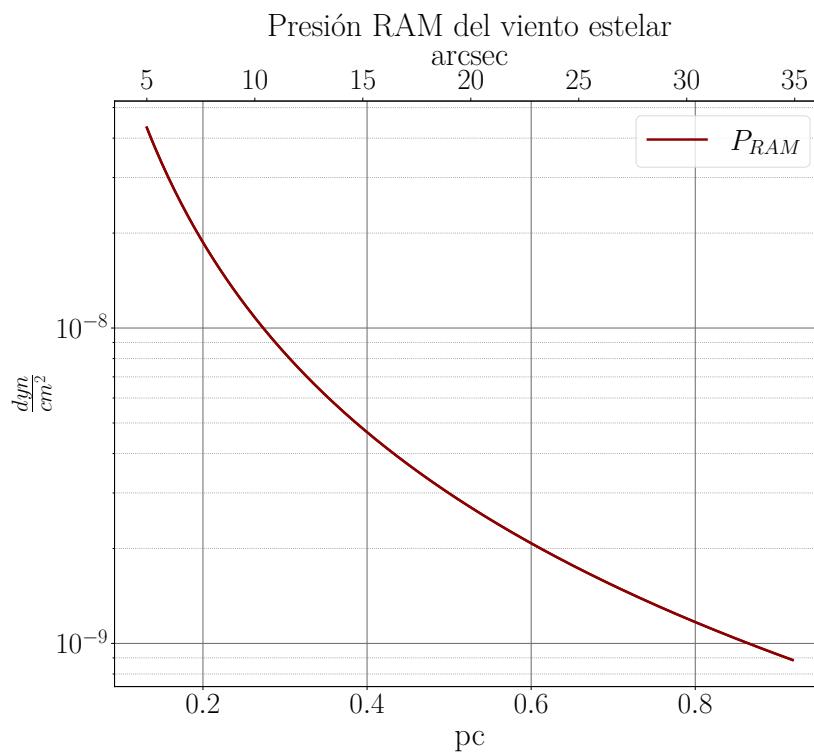


Figura 3.6: Presión RAM del viento estelar de la estrella WR-124 como función de la distancia en parsec

