

EVOLUCIÓN DE UN CÚMULO ESTELAR DURANTE LA FASE DE VIENTOS DE ESTRELLAS MASIVAS

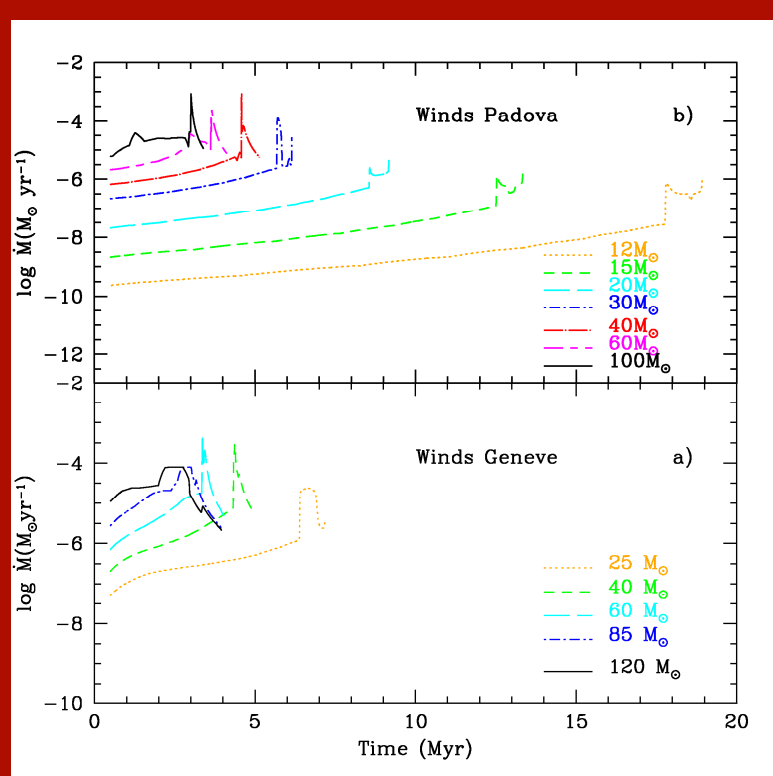
Mercedes Mollá (CIEMAT, Madrid),
& Roberto Terlevich (INAOE, Puebla, México)

Resumen:

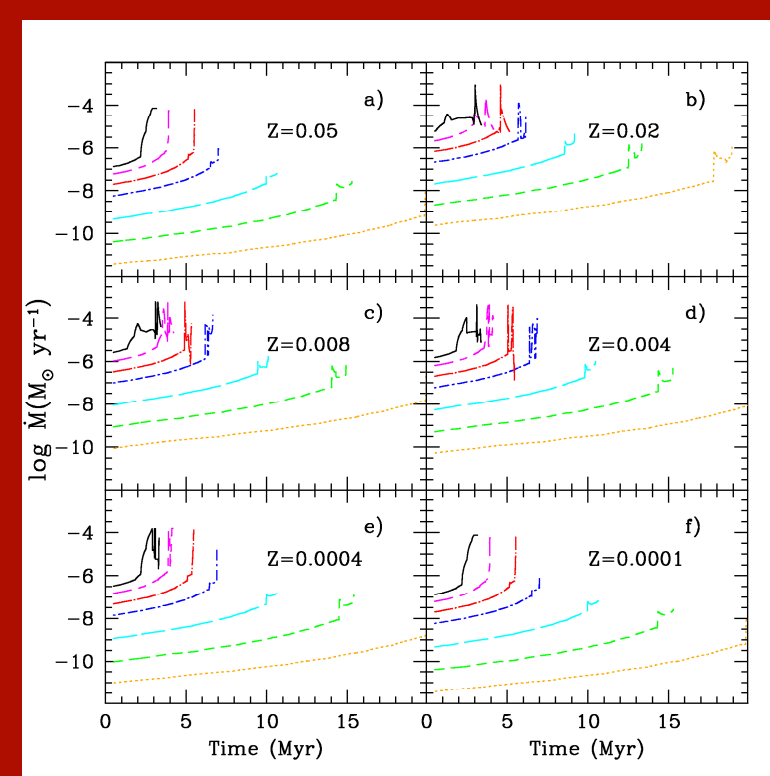
Estudiamos la evolución de las abundancias elementales de He, C, N y O de un cúmulo estelar durante los primeros 20 Ma teniendo en cuenta la contribución de las estrellas WRs. Para ello calculamos la masa eyectada y la proporción de los distintos elementos químicos, en un cúmulo estelar con abundancia inicial solar ($Z=0.02$) y una función inicial de masas dada, a partir de la pérdida de masa que sufren las estrellas masivas ($M > 30M_{\odot}$) durante la fase de vientos, principalmente las estrellas Wolf-Rayet. A eso se le añaden las eyecciones de las estrellas masivas cuando mueren en forma de supernova (SN), de manera que finalmente podemos comparar los efectos de ambas eyecciones sobre las abundancias finales y analizar el impacto de las WRs.

1. LAS TRAZAS ESTELARES:

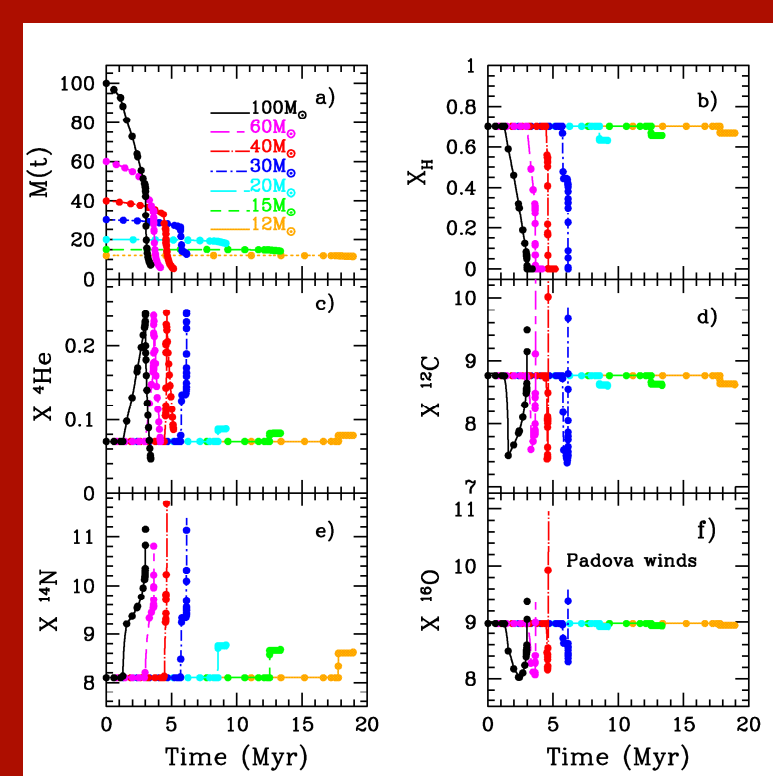
- Usamos las trazas estelares de los grupos de Padova y Geneve, que dan los resultado de sus cálculos de evolución estelar en forma de tabla
- Las tablas dan la pérdida de masa a lo largo de la traza evolutiva de cada estrella de masa: 12, 15, 20, 30, 40, 60 y 100 M_{\odot} para las de Padova; y 25, 40, 60, 85 y 120 M_{\odot} para las de Geneve. La Figura de la izquierda muestra esta pérdida de masa para $Z=0.02$ en ambos casos
- Disponemos de tablas para 5 valores de metalicidad, $Z=0.0001, 0.0004, 0.004, 0.008, 0.02$ y 0.05 , en el primer caso y de 3, $Z=0.008, 0.02$ and 0.04 en el segundo caso. La figura central muestra la variación de la pérdida de masa con la metalicidad para el caso Padova
- Estas tablas tambien dan las abundancias superficiales de las estrellas, que serán las que definan la composición de la eyeccion de cada una. La evolución de estas abundancias superficiales para el conjunto de Padova se muestra en la figura de la derecha



Comparación de la pérdida de masa para las trazas estelares de Padova y de Geneve



Pérdida de masa de las diferentes trazas estelares de Padova



Evolución de abundancias superficiales de estrellas de diferente masa para $Z=0.02$

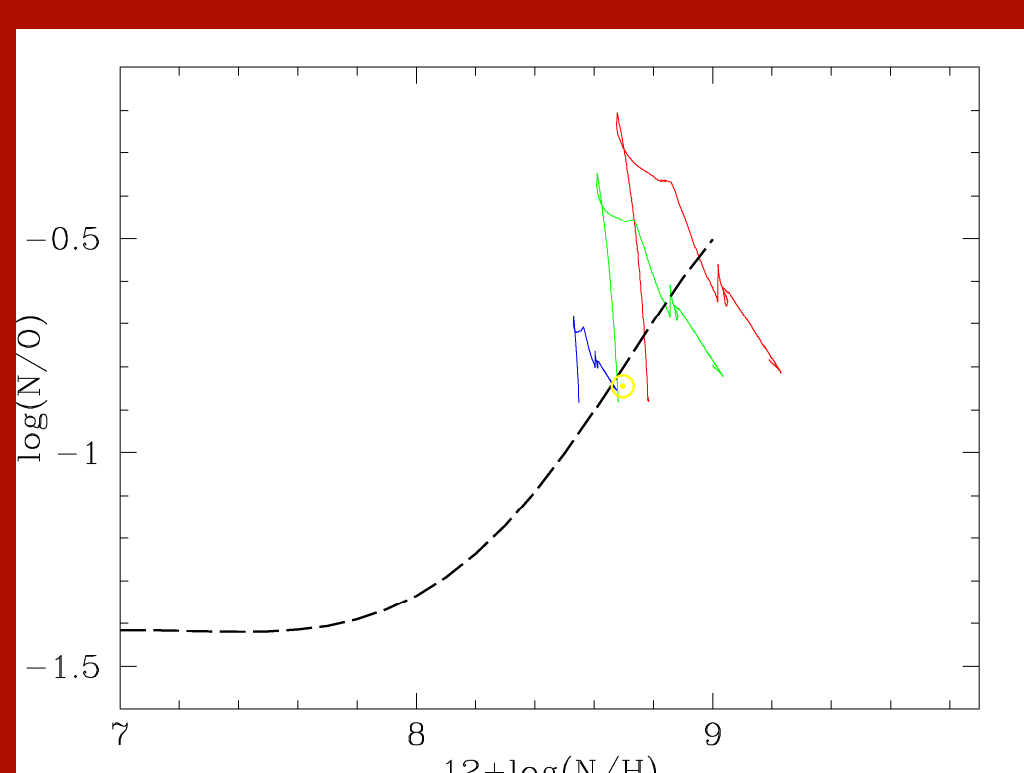
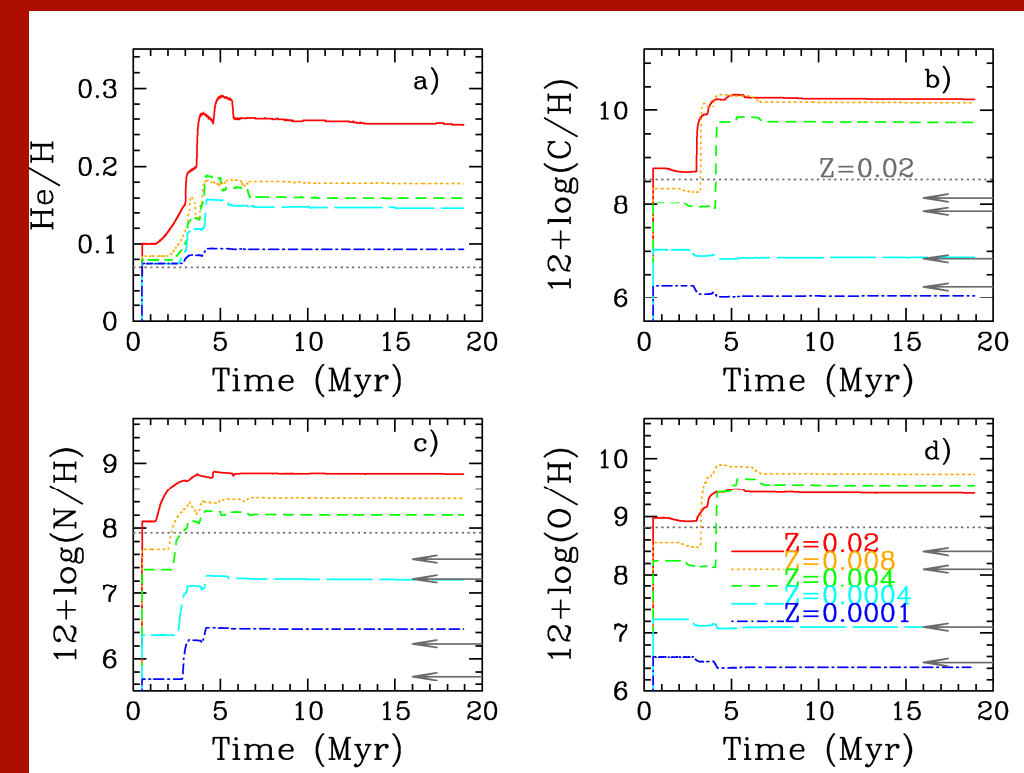
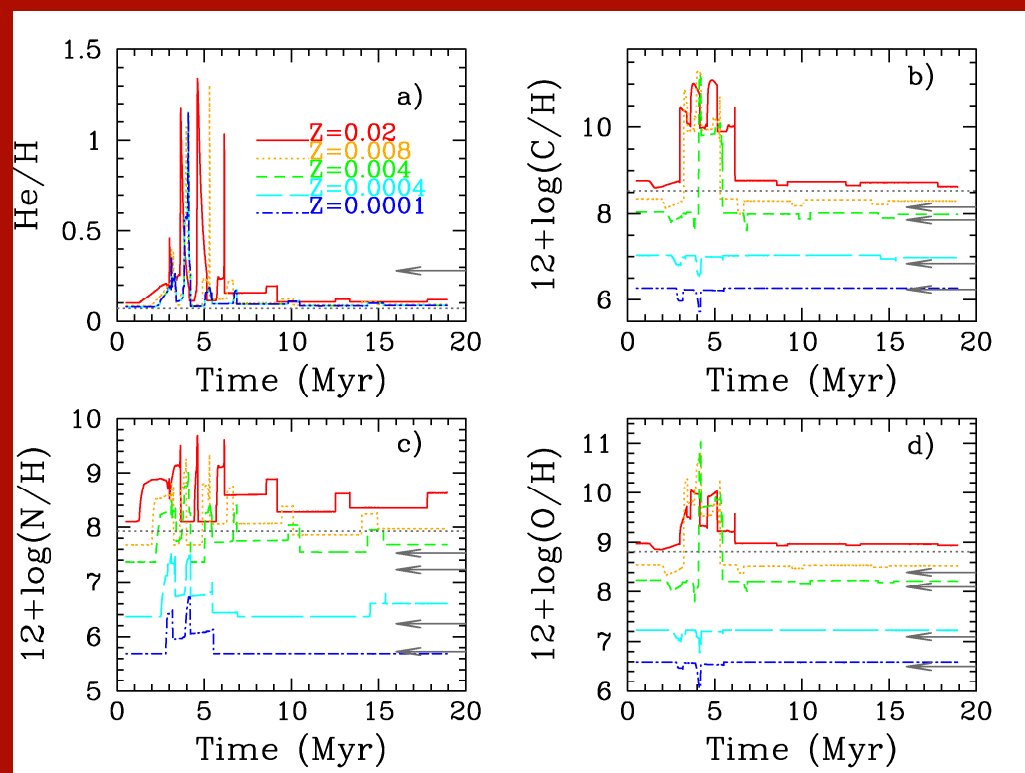
2 LA EVOLUCIÓN DE ABUNDANCIAS DEL CÚMULO ESTELAR

Usando la pérdida de masa y las abundancias superficiales de cada estrella se calculan las abundancias de las eyecciones de un cúmulo de $10^4 M_{\odot}$ con una función inicial de masa de Salpeter entre 0.15 y 100 M_{\odot} :

$$m_{ej,i}(t) = \int_{m_{low}}^{m_{up}} \int_{\Delta t} e_i(m,t') dm dt'$$

En la figura izquierda se muestra la evolución de las abundancias en la eyeccion instantanea del cúmulo para diferentes elementos. En cada panel se muestran 5 metalicidades. La línea de puntos marca la abundancias solar.

En la figura derecha se muestra la misma evolución suponiendo que las eyecciones de cada paso de tiempo se van acumulando a las anteriores.



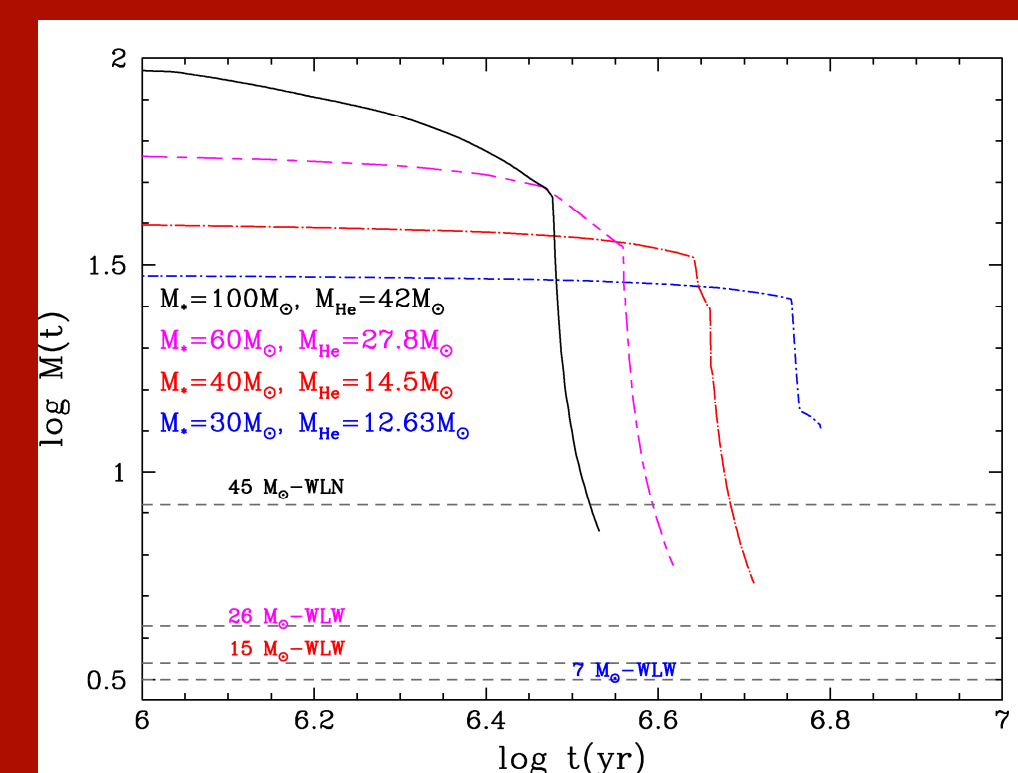
- Este cálculo se ha hecho suponiendo que lo que hay en el medio interestelar se debe unicamente lo que han eyectado las estrellas del cúmulo, sea en la fase de vientos o en la fase SN
- Es más realista suponer que cuando se crearón dichas estrellas fue a partir de una nube de gas y que no toda la masa de gas se convirtió en estrellas sino que solo lo hizo una cierta proporción de esa masa.
- Supongamos que la fracción de gas que queda en el cúmulo vale $\mu=0.1, 0.5$ o 0.9 . La evolución de abundancias en esos tres casos esta representada por las tres líneas de la figura a la derecha
- La evolución de la abundancia relativa N/O para esos mismos tres casos se muestra a la izquierda

INTRODUCCION

- Un problema interesante en el estudio de la evolucion temprana de burst de formacion estelar esta relacionado con la falla de detectar contaminacion en el ISM debido a los vientos de las estrellas masivas durante la fase WR (ver Kunth & Ostell 2000).
- Esto nos ha llevado a plantearnos el calculo detallado de la evolucion de la composicion quimica de la eyecta de un cumulo estelar.
- Para este calculo necesitamos saber que fracción de su masa eyecta en forma de elemento químico cada estrella durante su evolucion. Estas cantidades se denominan rendimientos estelares (*yields*) y son el resultado de los cálculos de la evolución estelar.
- Estos elementos químicos se incorporan al medio interestelar en una escala de tiempo tan corta como la vida de la estrella más masiva que se supone existe, es decir, el límite superior m_{up} de la función inicial de masa (IMF) usada.
- Si esta masa es 100 M_{\odot} , los elementos químicos creados por nucleosíntesis estelar aparecen en $t < 3.5$ Ma.
- Las estrellas, principalmente aquellas que tienen $M > 25M_{\odot}$, eyectan antes de la fase SN una gran cantidad de masa en forma de vientos estelares. Esta masa polucionará el medio interestelar y lo hará en escalas de tiempo mucho mas cortas.
- Estas pérdidas de masa por vientos no suelen incluirse en los cálculos de rendimientos de estrellas masivas, basados en en las explosiones supernova y eyecciones subsecuentes (Woosley & Weaver 1995). Si se incluyen, se hace de manera integrada, asociando toda la pérdida de masa a la estrella que la produce, de manera que los elementos químicos aparecieran en el medio interestelar al mismo tiempo que esta estrella muere y no antes...
- Cuando la evolución química trata de analizar o estudiar dicha evolución en escalas de un tiempo de Hubble ($\sim 10^8$ Mo), asociar todas los vientos en una eyección única a la vez que explota la SNII es suficiente. Pero si se quiere analizar con cuidado la evolución en el tiempo de un cúmulo estelar joven habrá que tener en cuenta estas fases mas cortas de tiempo en las que también hay eyección de material nuevo al medio interestelar.
- En este trabajo calculamos la evolución química de la eyecta de un cúmulo estelar de 10000 M_{\odot} con una resolución temporal de $\Delta t = 0.5 \cdot 10^6$ años.

3 EYECCIÓN DE ELEMENTOS DURANTE LA EXPLOSIÓN SUPERNOVA

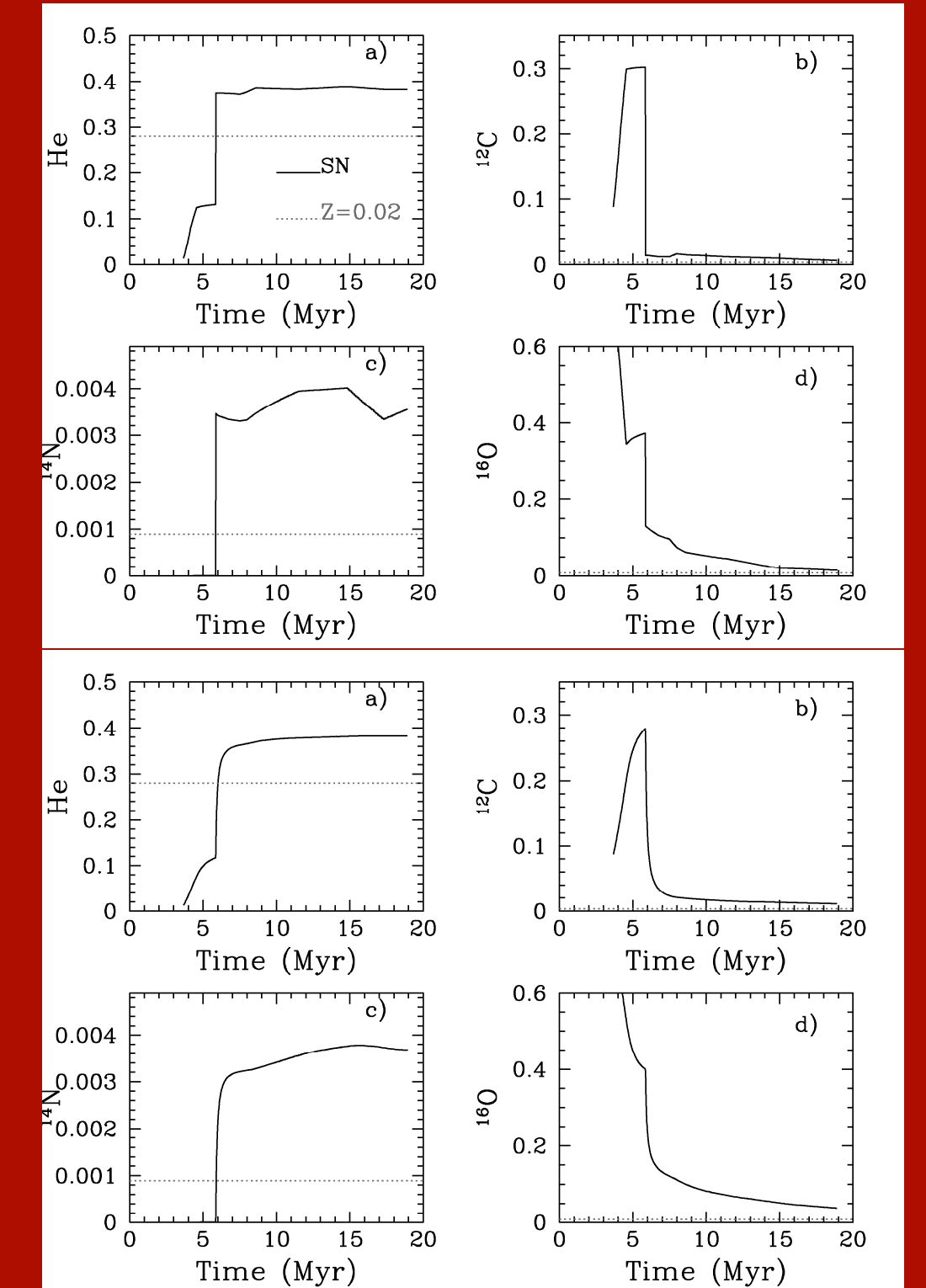
- Al final de la evolución la estrella explota como una supernova. Sin embargo la estrella que queda al final después de sufrir esa pérdida de masa, no es una estrella como las que evolucionan normalmente, ni tampoco su composición lo es.
- En este momento la estrella ha perdido completamente su envoltura de H y tambien una gran cantidad de He, C, N y O.
- Para saber cuanto ha eyectado comparamos su masa final con la masa inicial de los modelos de Woosley, Langer & Weaver (1996, WLLW) calculados para estrellas tipo WR que explotan como SNIb. Para las estrellas de $< 25M_{\odot}$ usamos los rendimientos estelares de Woosley & Weaver (1995) correspondientes a SNIi
- Con este método obtenemos las masas eyectadas por cada tipo de estrella durante la explosión



La evolución en masa de cada estrella y los valores de los modelos de WLLW

Arriba: evolución de abundancias de la eyeccion instantanea del cúmulo debido a las explosiones SN

Abajo: evolución de las abundancias de la eyeccion acumulada del cúmulo debido a explosiones SN



RESULTADOS:

EVOLUCION DE ABUNDANCIAS EN EL CÚMULO TENIENDO EN CUENTA LA POSIBLE DILUCION DE LA EYECTA .

- He no resultaría excesivamente modificado
- Sin embargo C aumentaría un orden de magnitud
- N aumentaría solo 0.3dex sobre el valor que habría debido a las SNs
- O aumentaría menos de 0.2 dex

CONCLUSIONES

Estas enormes variaciones en las abundancias de la eyeccion del cúmulo son importantes para su evolución química e hidrodinámica puesto que la alta metalicidad reduce considerablemente los tiempos de enfriamiento y mezcla de las eyecciones con el medio interestelar. Esto hace mas difícil aún explicar la falta de evidencia observacional de enriquecimiento en el ISM de las galaxias HII particularmente aquellas que estan en la fase WR.