

suficientemente flexible para adaptar cambios del instrumento y de los filtros. El objetivo es simular el número de cuentas detectadas y su error asociado, tanto para un sólo tránsito como para el final de la misión. Estos errores permiten estimar las precisiones en la determinación de los parámetros físicos.

Las diferentes propuestas fueron evaluadas objetivamente mediante un ente matemático, llamado “figura de mérito” (FoM), para indicar cuán buenos eran los resultados obtenidos con cada sistema fotométrico de forma independiente a los métodos de clasificación, y poder así compararlos entre sí. De esta manera, se pueden proponer modificaciones en el sistema de filtros optimizando la FoM, hasta conseguir así el sistema óptimo para *Gaia*. El concepto de FoM se basa en caracterizar la sensibilidad de los filtros a cambios en los parámetros astrofísicos de la fuente. Los cambios en los flujos se comparan con los errores observacionales, pudiéndose introducir también cierto conocimiento “a priori” sobre la fuente, como por ejemplo, la paralaje.

El resultado de todo este proceso fue la creación

de los sistemas C1M y C1B, de banda intermedia y ancha y con 14 y 5 filtros, respectivamente. A modo de breve resumen, 3 de los filtros de C1B se encuentran a la izquierda de la línea H_{β} , sobre la línea H_{α} y a la derecha del salto de Paschen. Los otros 2 filtros de C1B cubren los huecos entre filtros. En el sistema C1M, se mide el salto y la serie de Balmer, la línea de CaII H, el triplete de MgI+MgH, bandas de TiO para estrellas frías y bandas de CN para estrellas de tipo R y N, además de un filtro adicional dedicado a la medida del flujo en el rango del espectrómetro de velocidades radiales.

Una vez definido el sistema fotométrico de la misión, queda invertir el proceso e intentar recuperar los parámetros astrofísicos a partir de las observaciones. Esta labor la lleva a cabo el grupo de clasificación de la misión (ICAP) pero en esta tesis damos unas guías para llevar a cabo este proceso, en base a los criterios que hemos utilizado para proponer los filtros. Los diagramas color-color mostrados pueden ser aprovechados en el futuro para crear los algoritmos de clasificación.

HISTORIA DEL ENRIQUECIMIENTO QUÍMICO Y GRADIENTES DE METALICIDAD EN LAS NUBES DE MAGALLANES

Ricardo Carrera Jiménez

rcarrera@iac.es

Tesis doctoral dirigida por Carme Gallart Gallart

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 18 de diciembre de 2006

¿Cómo se forman las galaxias? ¿Cómo evolucionan? Estas son cuestiones fundamentales que los estudios profundos de galaxias a alto desplazamiento al rojo tratan de resolver. Una segunda aproximación es reconstruir la historia de formación estelar (HFE) de las galaxias a través de sus poblaciones estelares resueltas. La HFE de una galaxia viene caracterizada principalmente por la tasa de formación estelar y la ley de enriquecimiento químico (LEQ). La primera de ellas se obtiene a partir de los diagramas color-magnitud (DCM), mientras que la LEQ se ha caracterizado en muchas ocasiones a partir de la distribución en color de las estrellas en la Rama de Gigantes Rojas (RGB), a pesar de la dificultad que supone la degeneración edad-metalicidad presente en la RGB. El objetivo principal de este trabajo ha sido obtener la LEQ para las Nubes de Magallanes combinando la información sobre la metalicidad de estrellas

individuales obtenida a partir de la espectroscopía con la contenida en el DCM. La vía más precisa para medir abundancias químicas es la espectroscopía de alta resolución. Sin embargo, esta técnica requiere de un tiempo de telescopio desmesurado. La alternativa es la espectroscopía de baja resolución, que junto con los modernos espectroscopios multiobjeto, permite observar un gran número de estrellas en un tiempo razonable.

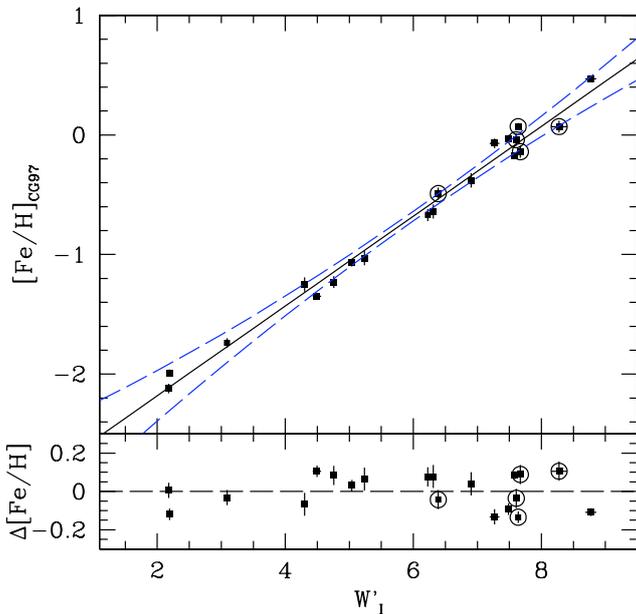


Figura 1 — Anchura equivalente reducida de las líneas del CaT frente a $[Fe/H]$ en la escala de CG97. La línea continua es el mejor ajuste a los datos. Las líneas discontinuas representan el intervalo del 90 % confianza del ajuste. Los cúmulos encerrados en un círculo son los más jóvenes de 4 Ga. Los residuos del ajuste lineal se muestran en el panel inferior. Nótese que los errores en W'_1 y $[Fe/H]$ son menores en algunos casos que el tamaño del punto.

En las galaxias, únicamente podemos observar espectroscópicamente las estrellas más brillantes, que en la mayoría de los casos son las estrellas Gigantes Rojas. El índice adecuado para medir la metalicidad de estas estrellas es el triplete infrarrojo del Ca II (CaT, de sus siglas en inglés) a $\sim 8500 \text{ \AA}$, que domina la parte infrarroja de su espectro. La relación entre la anchura equivalente de las líneas del CaT y la metalicidad se ha estudiado principalmente en sistemas viejos y pobres en metales. Sin embargo, las galaxias presentan, en general, amplios rangos de edades y metalicidades. El primer objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento de las líneas del CaT con la edad y la metalicidad. Para ello se midieron las líneas del CaT en estrellas de cúmulos abiertos y globulares que cubren los más amplios rangos de edad y metalicidad, $0.25 \leq (\text{Edad}/\text{Ga}) \leq 13$ y $-2.2 \leq [Fe/H] \leq +0.47$, en los cuales se ha investigado el comportamiento de las líneas del CaT hasta el momento. Hemos encontrado una correlación lineal entre la anchura equivalente reducida de cada cúmulo y la metalicidad, independientemente de su edad (Figura 1)

El siguiente paso ha sido utilizar el CaT para medir metalicidades de estrellas resueltas en las Nubes de Magallanes y de este modo estudiar su evolución química. Por su proximidad, estas galaxias son un

excelente laboratorio para probar la potencia de este método. Son fácilmente observables desde tierra y presentan poblaciones estelares con un amplio rango de edades y metalicidades. En la LMC hemos determinado metalicidades para más de 400 estrellas en cuatro campos situados a 3° , 5° , 6° y 8° al Norte de la barra. Las observaciones fueron realizadas con HYDRA en el telescopio de 4 m de Cerro Tololo. Encontramos que la metalicidad promedio de los campos es constante hasta 6° , siendo un factor dos menor a 8° . En el caso de la SMC, observamos cerca de 300 estrellas en 13 campos repartidos en diferentes posiciones del cuerpo de la galaxia, situados a una distancia entre 1° y 4° de su centro. Estas observaciones se llevaron a cabo con FORS2 instalado en uno de los telescopios VLT. Encontramos que aquellos campos situados a una misma distancia del centro tienen una metalicidad promedio similar independientemente del ángulo de posición. A medida que nos alejamos del centro la metalicidad promedio disminuye suavemente. Existen dos posibles escenarios para explicar el hecho de que las regiones más externas de ambas galaxias sean menos metálicas. Por un lado, el enriquecimiento químico pudiera haber sido menor en las regiones más externas, por lo que las estrellas de una misma edad serían menos metálicas al alejarnos del centro. La alternativa es que el ritmo de enriquecimiento químico haya sido el mismo en todas las posiciones, y por tanto, la menor metalicidad de las regiones externas sería debida a que las distribuciones de edad de los campos son diferentes. En este caso, la mayor cantidad de estrellas ricas en metales en las regiones centrales sería debida a un mayor porcentaje de estrellas jóvenes. Obviamente, la combinación de ambos escenarios es también posible. Combinando la metalicidad, obtenida a partir de la espectroscopía, con la posición de la estrellas en el DCM hemos podido estimar la edad de cada estrella, y de este modo obtener la relación edad-metalicidad de cada campo (Figura 2).

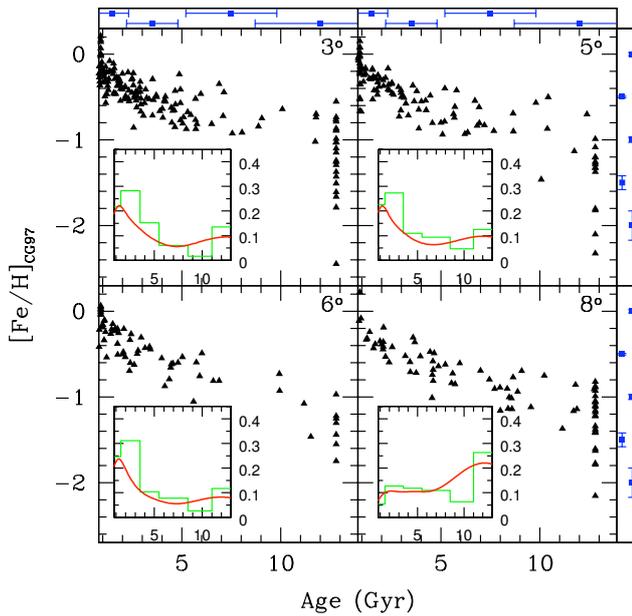


Figura 2 — Relaciones edad-metalicidad de los campos estudiados en la LMC. En los paneles interiores se ha representado la fracción de estrellas en función de la edad teniendo en cuenta las incertidumbres en la determinación de la edad (en rojo) y sin tenerlos en cuenta (en verde). La edad

se calculó a partir de la posición de la estrella en el diagrama color-magnitud considerando la metalicidad obtenida espectroscópicamente. En la parte superior se ha representado el error de la edad en cada intervalo, y a la derecha el error en cada intervalo de metalicidad.

Esto nos ha permitido discriminar qué escenario ha tenido lugar en cada una de las dos galaxias. En ambos casos, el hecho de que las regiones más externas sean menos metálicas se explica por la ausencia de las poblaciones estelares más jóvenes, que a su vez son las más metálicas. En ambas galaxias hemos encontrado que para distintos campos, las estrellas de una edad similar tienen igual metalicidad. Por lo tanto la evolución química de cada galaxia ha sido la misma en todas las posiciones estudiadas.

El espectroscopio OSIRIS instalado en el GTC permitirá utilizar esta técnica para determinar metalicidades en estrellas de galaxias del Grupo Local hasta una distancia de ~ 1 Mpc, lo que incluye M31 y sus satélites, M33 y varias de las galaxias enanas irregulares como NGC 6822 e IC 1613.

FUSIÓN GALÁCTICA: CONTEO DE FUENTES Y DINÁMICA DE ACRECIMIENTOS DE SATÉLITES

María del Carmen Eliche Moral

cem@astrax.fis.ucm.es

Tesis doctoral dirigida por Marc Balcells Comas y Mercedes Prieto Muñoz

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 5 de febrero de 2007

Tanto las observaciones como las simulaciones cosmológicas indican que las fusiones de galaxias son procesos bastante frecuentes en el Universo. Sin embargo, aún se desconoce la relevancia de las fusiones en la evolución galáctica y en la constitución de los bulbos actuales, frente a otros posibles procesos de formación. El objetivo de esta tesis ha consistido en estudiar el papel de las fusiones tanto en la aparición de la población galáctica de tipo temprano, como en la evolución de los bulbos galácticos, a nivel observacional y computacional.

Hemos analizado la relevancia de los ritmos de fusión mediante el estudio de las cuentas diferenciales de galaxias en U , B y K_s . Hemos obtenido nuestras propias cuentas en las bandas U y B sobre un campo de ~ 900 arcmin² del muestreo GOYA que abarca la tira de Groth-Westphal. Las magnitudes límites alcanzadas han correspondido a $U = 24,8$ mag y $B = 25,5$ mag en el sistema de Vega (al 50 %

de eficiencia de detección para las fuentes puntuales). Las pendientes de las cuentas obtenidas son compatibles con los resultados de otros autores. Hemos desarrollado modelos de cuentas de galaxias que, por primera vez, son capaces de reproducir simultáneamente las cuentas observacionales en U y B en un rango de 15 magnitudes y las de K_s en un rango de 10 magnitudes, empleando únicamente parámetros medidos observacionalmente y sin necesidad de introducir poblaciones exóticas de origen desconocido o diferentes ritmos de fusión para cada banda (Eliche-Moral et al. 2006, ApJ, 639, 644). Nuestros modelos requieren la imposición de un desplazamiento al rojo de formación relativamente reciente de las galaxias elípticas ($z_f \sim 1,5$, lo que equivale a una edad de ~ 9 Gaños) para reproducir el cambio de la pendiente que se observa en las cuentas infrarrojas en $K_s = 17,5$ mag. Una profundidad óptica moderada para todos los tipos