

HISTORIA EVOLUTIVA Y ESTRUCTURA DE LA PEQUEÑA NUBE DE MAGALLANES

Noelia E. D. Noël

noelia@iac.es

Tesis doctoral dirigida por Carme Gallart y Antonio Aparicio

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias

Fecha de lectura: 26 de Septiembre de 2006

En el extremo débil de la función de luminosidad, las galaxias enanas son, con mucho, los objetos más numerosos en el Universo presente. Un ejemplo claro de esto es nuestro Grupo Local de galaxias, donde un 90 % de sus miembros son enanas. Dichas galaxias enanas juegan un papel fundamental en la formación y evolución de sistemas mayores, tal y como predicen los escenarios de formación de galaxias, como el de un Universo dominado por materia oscura fría, en el que las galaxias enanas serían las primeras estructuras en formarse. El estudio de sus historias de formación estelar (HFE) es de vital interés para conocer cómo se han formado y cómo han evolucionado a lo largo de su vida. El Grupo Local de galaxias constituye un laboratorio ideal para obtener HFE precisas, donde las galaxias pueden resolverse en estrellas individuales.

El objetivo de la presente Tesis es contribuir al entendimiento de la estructura y evolución de galaxias, a través del estudio de las poblaciones estelares resueltas. En particular, estudiando la “Pequeña Nube de Magallanes”, una de las dos únicas galaxias irregulares de la Vía Láctea. Situada a ~ 60 kpc del Sol, es, después de la Gran Nube de Magallanes, la galaxia más próxima con formación estelar reciente que podemos estudiar en detalle.

Para el propósito mencionado, se realizaron observaciones –en las bandas B y R – correspondientes a 12 campos de la Pequeña Nube de Magallanes, usando un telescopio terrestre mediano (2.5 metros). Los campos se encuentran a distancias galactocéntricas que van desde $\sim 1,1$ kpc hasta $\sim 4,5$ kpc, y están situados a diferentes acimuts, tales como la zona del “ala” al Este, la zona Oeste, y la región Sur. Asimismo, usando una cámara de gran campo, se han hecho observaciones de 3 campos meridionales localizados en las partes más remotas de la Pequeña Nube, a distancias galactocéntricas de $\sim 4,7$ kpc, $\sim 5,6$ kpc, y $\sim 6,5$ kpc.

En primer lugar, se presenta un primer análisis cualitativo del contenido estelar de los 12 campos localizados entre $\sim 1,1$ kpc y $\sim 4,5$ kpc, a través del estudio de sus diagramas color-magnitud

(DCM), los cuales poseen una profundidad tal, que alcanzan los puntos de giro más viejos de la secuencia principal (SP) con excelente precisión fotométrica (Fig. 1). Mediante un análisis preliminar basado en la comparación con isocronas teóricas y funciones de color (FC), se encuentra que la población subyacente, distribuida esferoidalmente, está compuesta tanto por estrellas de edad intermedia como vieja. Los campos localizados en el Este, en la región del ala, muestran formación estelar reciente muy activa, mientras que en los campos correspondientes a la parte Oeste tuvo lugar muy poca formación estelar en los últimos 2 Giga-años. El campo más cercano al centro, localizado en el Sur de la Pequeña Nube, muestra todavía estrellas jóvenes, pero el resto de los campos meridionales presentan muy pocas estrellas de edades menores a 1 – 2 Ga.

El núcleo de la tesis está constituido por el estudio cuantitativo de las HFE de los 12 campos de la Pequeña Nube, haciendo uso de los códigos IAC-star e IAC-pop (Fig. 2). Se encuentran cuatro episodios de incremento sustancial en la tasa de formación estelar, $\psi(t)$: uno a edades jóvenes, sólo presente en los campos del Este y en el campo meridional más cercano al centro, con picos a $\sim 0,2 - 0,5$ Ga; dos a edades intermedias, uno muy conspicuo con picos a $\sim 4 - 5$ Ga, común a todos los campos y otro menos significativo, con picos a $\sim 1,5 - 2,5$ Ga, también en todos los campos; y un incremento en $\psi(t)$ a edades viejas, con un pico a ~ 10 Ga en todos los campos excepto en los occidentales, en los que este incremento se halla “desdoblado” en dos picos, uno a ~ 8 Ga y otro a ~ 12 Ga. Se hallan evidencias de que estas diferencias a edades viejas serían una característica fiable, lo que implica que las estrellas en la Pequeña Nube tardan un tiempo de Hubble o más en mezclarse en fase. Por tanto, los incrementos en $\psi(t)$ a $\sim 1,5 - 2,5$ Ga y a $\sim 4 - 5$ Ga en todos los campos serían el resultado de dos brotes globales de formación estelar ocurridos en la Pequeña Nube a estas edades. La intensidad de la $\psi(t)$ relativa del brote a $\sim 4 - 5$ Ga disminuye a medida que aumenta la distancia

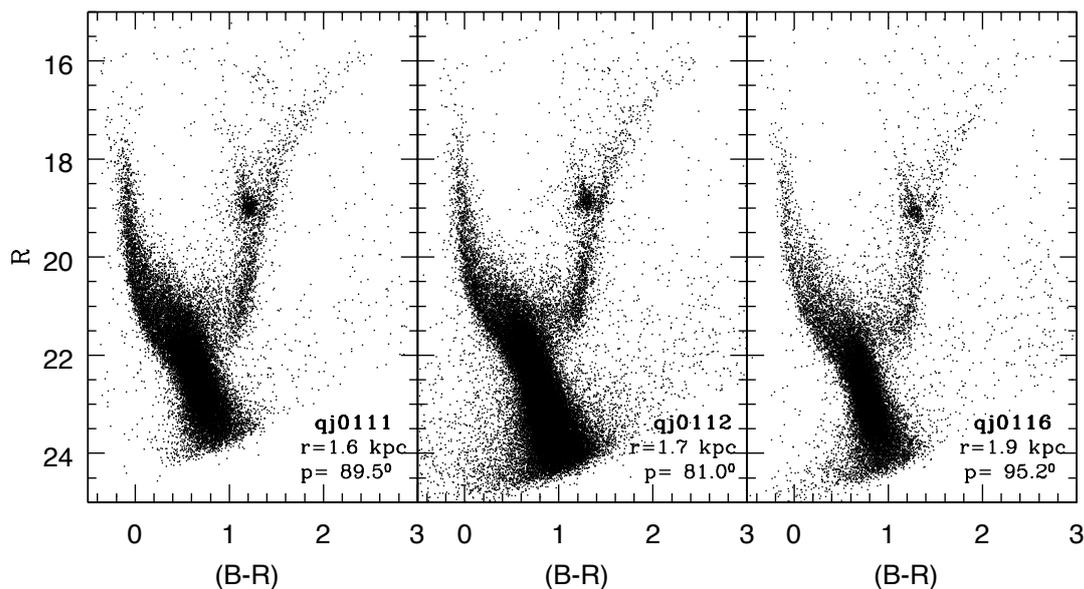


Figura 1 – DCM correspondientes a los campos del Este.

galactocéntrica. Esto se asemeja al gradiente encontrado en galaxias irregulares, sugiriendo que la región de formación estelar era mayor y más extendida en el pasado.

Se encuentra que la población joven presente en el área del ala en el último 1 Ga representa $\sim 7-12\%$ del total de las estrellas encontradas allí. Si bien esto no refleja un aumento excepcional de la formación estelar en el presente con respecto a la $\psi(t)$ promedio, es significativo en términos globales, ya que sólo la población estelar de la zona del ala presenta formación estelar conspicua y activa en el último Giga-año.

Las poblaciones de edades más jóvenes de la Pequeña Nube presentan un gradiente respecto al acimut. Dado que hay un brote de formación estelar en todos los campos con pico a $\sim 1,5 - 2,5$ Ga, esto indicaría un límite superior a partir del cual comenzó esta dicotomía entre Este/Sudeste y Oeste hace $\sim 1,5$ Ga.

Por el contrario, la edad de la población más vieja es muy similar en todos los campos a todo radio y a todo acimut, como lo indica la distribución plana de la edad del 5^o percentil de $\psi(t)$. Esto indica que no hay gradientes evidentes en la edad de esta población más vieja y permite acotar la edad de la población más vieja a más de $\sim 11,5$ Ga.

A 4,5 kpc del centro de la Pequeña Nube, o bien no se ha alcanzado una región dominada por un halo viejo, similar al de la Vía Láctea, o bien la población del disco estaría dominando sobre un posible halo con tales características. Si se estuviese en dicha región del halo, el 5^o y el 95^o percentil de $\psi(t)$ ocurrirían casi al mismo tiempo en los campos más externos.

Se encuentra un acuerdo entre los episodios de in-

cremento de $\psi(t)$ y los encuentros perigalácticos entre la Pequeña Nube y la Vía Láctea. En cuanto a los pasajes pericéntricos con la Gran Nube de Magallanes, sólo se halla una correlación clara en los campos del ala para el encuentro más reciente, hace $\sim 0,2$ Ga.

Finalmente, se recuperó la historia de enriquecimiento químico de los campos de la Pequeña Nube. En promedio, todos los campos muestran un enriquecimiento químico creciente, desde épocas tempranas hasta el presente. Las relaciones edad-metalicidad obtenidas aquí están en buen acuerdo con lo encontrado usando métodos completamente independientes, como el triplete del CaII. Esto constituye una prueba de la consistencia externa de IAC-pop para determinar la ley de enriquecimiento químico.

En la tercera y última parte de esta tesis, se estudian las poblaciones estelares presentes en los confines de la Pequeña Nube de Magallanes, haciendo uso de isocronas teóricas y mediante un análisis del perfil de brillo superficial. Se encuentra que la composición estelar a distancias galactocéntricas de $\sim 4,7$ kpc, $\sim 5,6$ kpc, y $\sim 6,5$ kpc es muy similar. Por primera vez se detectan estrellas de edad intermedia y vieja, genuinamente pertenecientes a la Pequeña Nube, a $\sim 6,5$ kpc del centro de dicha galaxia, en la dirección Sur. El perfil de brillo superficial de los campos analizados sigue una ley exponencial, sin evidencias de truncamiento, hasta la localización del campo más remoto. Estos resultados, en conjunto, indican que, a 6,5 kpc del centro de la Pequeña Nube, la población del “disco” de esta galaxia estaría dominando sobre un posible halo estelar viejo, similar al de la Vía Láctea. Esto

indica, o bien que la Pequeña Nube de Magallanes no posee un halo con estas características, o bien que, de existir, la contribución de dicho halo a la población estelar sería despreciable a $\sim 6,5$ kpc. Finalmente, estos resultados indican que la Pequeña Nube tendría un tamaño significativamente mayor de lo que se creía hasta el presente.

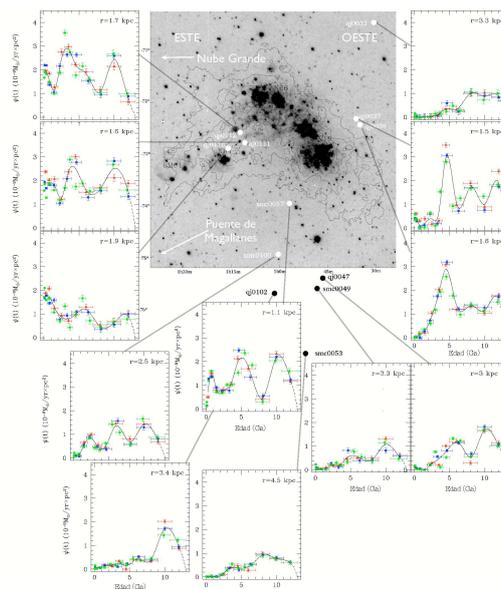


Figura 2 – HFE de los 12 campos estudiados.

ANÁLISIS ESPECTRAL EN RAYOS X DEL SISTEMA BINARIO DE ALTA MASA 4U 1538–52/QV NOR

José Joaquín Rodes Roca

jjrodes@ua.es

Tesis doctoral dirigida por José Miguel Torrejón Vázquez y Guillermo Bernabéu Pastor

Centro: Universidad de Alicante - Universitat d'Alacant

Fecha de lectura: 26 de junio de 2007

Los sistemas binarios de rayos X, formados por una estrella de neutrones (objeto compacto) y una estrella masiva de tipo temprano (estrella óptica) (HMXBs), constituyen un laboratorio único que nos permite investigar cuestiones fundamentales de Astrofísica como los campos magnéticos en estrellas de neutrones o los vientos estelares de estrellas masivas, entre otros. El análisis del espectro en el rango energético 3–100 keV nos ha permitido estudiar la variabilidad de las líneas ciclotrón, de la línea fluorescente del hierro, del flujo y de la absorción fotoeléctrica. De esta forma, se puede efectuar un test entre lo que predicen los distintos modelos teóricos y lo obtenido a partir de las observaciones, tanto para la estrella visible como para la estrella de neutrones.

El objetivo de esta tesis es el estudio de las características espectrales presentes en el púlsar de rayos X 4U 1538–52/QV Nor, su variación a lo largo de un período orbital y el análisis de las correlaciones entre los parámetros que definen las líneas espectrales y el continuo. Hemos utilizado todas las observaciones públicas disponibles de este sistema de la base de datos del observato-

rio espacial Rossi X-ray Timing Explorer (RX-TE), un total de 45: dos campañas realizadas cubriendo un período orbital (1997 y 2001) y otra tomando una observación mensual entre noviembre de 1996 y diciembre de 1997. También hemos utilizado más de 400 ventanas científicas obtenidas con el satélite INTERNational Gamma-Ray Astrophysics Laboratory (INTEGRAL) para conseguir un espectro con INTEGRAL Soft Gamma-Ray Imager (ISGRI) en el rango energías 17–100 keV.

Todos los espectros analizados del sistema 4U 1538–52 en esta tesis se han descrito bien con las siguientes componentes: 1) absorción fotoeléctrica a bajas energías; 2) ley de potencias modificada por una exponencial; 3) la línea fluorescente del hierro (centrada a ~ 6.4 keV para este tipo de sistemas); y 4) la línea ciclotrón (centrada a ~ 20 keV, también conocida como característica ciclotrón por dispersión resonante).

El estudio de la variabilidad de la línea ciclotrón fundamental nos ha permitido establecer correlaciones entre la anchura relativa σ_c/E_c y la profundidad óptica de la línea ciclotrón τ_c (Figura 1) y