

Héctor Otí Floranes

Tesis leída en septiembre de 2012

TÍTULO:

PROCESOS DE FORMACIÓN ESTELAR Y EMISIÓN DE ALTAS ENERGÍAS EN GALAXIAS
STARBUST

STAR FORMATION AND HIGH-ENERGY EMISSION IN STARBUSTS GALAXIES

Trabajo dirigido por:

José Miguel Mas Hesse, del Departamento de Astrofísica del Centro de Astrobiología (CSIC-INTA) e investigador principal del equipo [ESTALLIDOS](#) -CAB (CSIC-INTA). Tutor: Francisco J. Carrera, del Instituto de Física de Cantabria (CSIC-UC).

RESUMEN/ [ABSTRACT](#) :

Los brotes de formación estelar o "starbursts" son episodios de intensa formación estelar, caracterizados por una rápida producción de estrellas masivas, que llegan a dominar la emisión de la galaxia anfitriona en la mayor parte del espectro electromagnético durante varios millones de años. Uno de los objetivos iniciales de este trabajo fue analizar la emisión de la línea Lyman alfa del hidrógeno (Ly α) en las galaxias "starburst" locales Haro 2 e IRAS 0833. Los fotones de Ly α producidos en brotes de formación estelar sólo pueden escapar de la galaxia anfitriona si el gas neutro que rodea los cúmulos de estrellas masivas está expandiéndose por el empuje de la energía mecánica inyectada al medio por el brote. Dado que la emisión de rayos X de baja energía se produce cuando hay presente gas acelerado, y éste interactúa con el gas circundante, se espera que haya una relación entre la emisión Ly α y LsoftX. Por tanto, antes del análisis de las fuentes, empezamos por estudiar con modelos evolutivos de síntesis de población la relación entre la intensidad de la formación estelar y LsoftX, obteniendo una calibración de LsoftX como estimador de aquélla.

Una vez realizado este estudio, procedimos a completar la calibración autoconsistente de la tasa de formación estelar mediante estimadores que cubrieran todo el rango electromagnético, desde el ultravioleta al radio. Este conjunto de trazadores de formación estelar calibrados nos permitió estudiar la emisión Lyalfa de las fuentes locales antes mencionadas, así como su relación con otras magnitudes físicas observables de los brotes. Finalmente, analizamos la emisión de rayos X de una muestra de emisores locales de Lyalfa (Haro 2, Haro 11 y el núcleo de NGC 4303), centrándonos en la componente de rayos X de alta energía.

La calibración autoconsistente de estimadores de formación estelar obtenida ofrece una gran variedad de parámetros que el usuario puede ajustar: desde el estimador o el régimen de formación estelar (producción instantánea o constante), pasando por la metalicidad y la extinción causada por el polvo, así como la función inicial de masas. Los resultados obtenidos fueron comparados con calibraciones tomadas de la literatura y, en el caso de L_{softX} , también con valores observacionales. Finalmente, la calibración fue implementada en una herramienta web para que toda la comunidad pueda acceder a ella.

El análisis de la emisión Lyalfa en Haro 2 e IRAS 0833 mostró que en ambas galaxias se observa Lyalfa, tanto en emisión compacta como en difusa. Asimismo, encontramos que la intensidad de Lyalfa no está correlacionada con las líneas Balmer, el continuo ultravioleta o el cociente $H\alpha/H\beta$ (estimador de la extinción por polvo). Sin embargo, en Haro 2, para la cual disponíamos de una observación de rayos X con alta resolución espacial, la emisión Lyalfa difusa sí mostraba una correlación espacial con la emisión de rayos X de baja energía. Las propiedades de esta componente difusa podrían ser explicadas suponiendo que se origina en regiones donde el gas ha sido ionizado principalmente por el plasma calentado por la actividad del brote de formación, y no por los fotones originados en las estrellas masivas del "starburst". Este modelo explica asimismo los cocientes $L_{\text{Ly}\alpha}/H\alpha$, $H\alpha/H\beta$ y $L(H\alpha)/L_{\text{softX}}$ observados. Por desgracia, no disponemos de una imagen de rayos X con suficiente resolución espacial como para confirmar esta hipótesis en IRAS 0833.

Por último, para el estudio de la emisión de rayos X de alta energía en las galaxias de nuestra muestra, caracterizamos los brotes de cada una con los modelos de síntesis y estimamos el orden de magnitud del número de sistemas binarios activos esperados. La comparación de estos resultados con los valores observados de la emisión X de alta energía, así como con la morfología de las fuentes, mostró que las binarias activas son responsables de la luminosidad observada, sin necesidad de recurrir a otro tipo de fuentes nucleares

activas. Este resultado nos permitió concluir que la presencia de emisión X de alta energía (por encima de 4 keV) no indica necesariamente la presencia de Núcleos Galácticos Activos en galaxias "starburst", al menos en aquellas galaxias de luminosidad por debajo de $\sim 10^{42}$ erg/s.

Starbursts are intense episodes of star formation characterized by a prompt production of massive stars, which dominate the integrated emission of the host galaxy in most of the electromagnetic spectrum over several million years. One of the goals of the present work was to analyze the Lyman alpha emission of hydrogen (Ly α) in the local starburst galaxies Haro 2 and IRAS 0833. Ly α photons produced in starbursts can only escape from the host galaxy if the neutral gas which surrounds the clusters of massive stars is outflowing due to the outpush caused by the mechanical energy injected into the medium by the burst. Since soft X-ray emission is produced when gas being accelerated interacts with the surrounding gas, a relation between Ly α and LsoftX is expected. Therefore, prior to the analysis of the sources, we started by studying the relation of LsoftX with the intensity of star formation. We used evolutionary population synthesis models to obtain a calibration of LsoftX as a star formation tracer. Once this study was performed, we completed the self-consistent calibration of star formation tracers covering the whole energy range, from the ultraviolet to the radio. This set of star formation tracers allowed us to study the Ly α emission in the local sources aforementioned, together with its relation with other observables of the starbursts. Finally, we analyzed the X-ray emission in a sample of local Ly α emitters (Haro 2, Haro 11 and the core of NGC 4303), focusing in the hard component.

The self-consistent calibration of star formation tracers obtained offers a great variety of parameters whose values can be defined by the user: the estimator, the star formation regime (instantaneous or constant star formation), the metallicity, the dust extinction, the initial mass function... The results obtained were compared with calibrations taken from the literature and, in the case of LsoftX, also with observational values. Finally, the calibration was implemented in a web tool so that the whole community can use it.

The analysis of Haro 2 and IRAS 0833 showed that in both galaxies, compact and diffuse Ly α emissions are observed. Also, we found that the intensity of Ly α does not correlate with the Balmer lines, the ultraviolet continuum or the ratio H α /H β (tracer of dust extinction). However, in Haro 2, for which an X-ray observation with high spatial resolution was available, diffuse Ly α emission did show spatial correlation with soft X-ray emission. The properties of the diffuse Ly α component could be explained were it originated in regions where the gas has been mainly ionized, not by the massive stars of the starburst, but rather by

the plasma heated by the starburst activity. This model also accounts for the observed values of the ratios Ly α /H α , H α /H β and L(H α)/LsoftX. Unfortunately, no X-ray image with spatial resolution is available for IRAS 0833 in order to confirm this hypothesis in this source.

Finally, in order to study the hard X-ray emission in the galaxies of our sample, we characterized their starbursts with the synthesis models and we estimated the order of magnitude of the expected number of active binary systems. The comparison of these results with the observed values of the hard X-ray emission, together with the morphology of the sources, showed that the active binaries account for the observed luminosity, and there is no need to resort to any other active nuclear sources whatsoever. This conclusion indicates that the presence of hard X-ray emission (over 4 keV) can not be considered a tracer of the presence of Active Galactic Nuclei, at least in those galaxies with luminosity below $\sim 10^{42}$ erg/s.

[ENLACE A TESIS COMPLETA ONLINE/LINK TO THE THESIS](#)

CONTACTO: otih 'at' cab.inta-csic.es