

Evolución del polvo interestelar en las envolturas de las nubes moleculares. Traza observacional y predicciones teóricas

Autora: Leire Beitia Antero

Tesis doctoral dirigida por:

Ana Inés Gómez de Castro

Centro: Universidad Complutense de Madrid

Fecha de lectura: 23 de abril de 2021

Esta tesis está centrada en el estudio de la evolución del polvo interestelar en las envolturas de las nubes moleculares y su traza observacional a longitudes de onda ultravioleta. Debido a los tamaños característicos de los granos de polvo, su interacción con los fotones ultravioleta es altamente efectiva y produce trazas notables en la curva de extinción; los más notables son la joroba o *bump* a 2175 Å, producida por grandes moléculas carbonáceas, y la pendiente en el ultravioleta lejano, que tiene origen en los fenómenos de dispersión y absorción de fotones ultravioleta por los granos de polvo más pequeños.

En una primera aproximación, se han estudiado las variaciones estadísticas del *bump* a 2175 Å en los complejos de formación estelar de Orión y Roseta. Este trabajo hace uso de dos grandes cartografiados del cielo: el mapa de fotometría ultravioleta del *Galaxy Evolution Explorer* (GALEX) y el mapa en infrarrojo cercano del *Two Micron All Sky Survey* (2MASS). El estudio de la extinción relativa entre la banda ultravioleta cercana de GALEX, que incluye el *bump*, y la banda infrarroja K s de 2MASS, que da cuenta de la extinción de los granos de mayor tamaño, han permitido identificar variaciones en la población de granos más pequeños debido a procesos de crecimiento en regiones densas, o de destrucción en zonas donde el campo de radiación es más intenso. Este estudio aporta unas medidas estadísticas significativas de las variaciones de la población de polvo, probablemente producidas por el crecimiento de los granos en las envolturas de las nubes moleculares. Este régimen es muy complejo y se requieren simulaciones numéricas para estudiar la evolución de los granos de polvo de menor tamaño.

Los códigos de mecánica de fluidos permiten estudiar la evolución de una nube molecular. Sin embargo, la mayoría de estos códigos no tienen en cuenta la dinámica de los granos de polvo que están embebidos en el gas. En esta tesis se han desarrollado dos módulos que permiten modelar la dinámica y la evolución de una población de polvo interestelar en las envolturas de las nubes moleculares, teniendo en cuenta los fenómenos de crecimiento y destrucción del polvo. El principal resultado de este trabajo es la identificación de estrechos filamentos de polvo que se forman por la acción de los campos magnéticos y que se encuentran desacoplados del gas. Estas concentraciones de polvo favorecen el crecimiento de los granos a pesar de la baja densidad del medio, aunque los procesos de destrucción contrarrestan la eficiencia del crecimiento y limitan el tamaño máximo que pueden adquirir los granos. Estas variaciones en la población de polvo se traducen a su vez en variaciones de la curva de extinción, que son especialmente notorias a longitudes de onda cortas debido a la disminución de la población de granos de polvo pequeños.

En resumen, esta tesis presenta el primer estudio completo de la evolución del polvo interestelar en las envolturas de las nubes moleculares, tanto desde el punto de vista teórico como desde el punto de vista observacional. Mientras que la fotometría ultravioleta permite un estudio estadístico de las variaciones en la población de polvo, las simulaciones numéricas permiten distinguir la influencia de los distintos procesos involucrados en dichas variaciones. Este trabajo predice la formación de filamentos de polvo cargado en las envolturas de las nubes moleculares acoplados al campo magnético, lo que sin duda afectará a la propagación de ondas hidromagnéticas. Además, el crecimiento de los granos en estos filamentos producirá variaciones en la curva de extinción que podrán detectarse a través de observaciones espectroscópicas.

Morfología y metalicidad de galaxias del cartografiado OTELO

Autor: Jakub Nadolny

Tesis doctoral dirigida por: Jordi Cepa,

Ángel Bonigiovanni y Miguel Cerviño

Centro: Instituto de Astrofísica de Canarias

(IAC) y Universidad de La Laguna (ULL)

Fecha de lectura: 14 de mayo de 2021

En esta tesis exploramos el cartografiado OTELO (*OSIRIS Tunable Filter Emission Line Object*). Gracias al uso de los filtros sintonizables del instrumento OSIRIS del *Gran Telescopio Canarias*, OTELO recupera objetos con líneas de emisión hasta flujos muy débiles. El método de tomografía permite construir espectros de baja resolución ($R \sim 700$) para todos los objetos detectados. El flujo de línea límite estimado es de $4,6 \times 10^{-19}$ erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$, haciendo del cartografiado OTELO el más profundo en flujo de línea disponible hasta la fecha.

En particular, en este trabajo presentamos un catálogo morfológico de los objetos de OTELO detectados en las imágenes de alta resolución del instrumento ACS del *Hubble Space Telescope*. Para ello hemos usado un método paramétrico que ajusta un modelo 2D informado por el perfil de Sérsic, incluido en la versión multionda de la aplicación GALFIT. Este programa ajusta instantáneamente el perfil seleccionado a los objetos seleccionados en las bandas fotométricas disponibles mediante el uso de funciones polinómicas de Chebyshev. Comparando con la versión estándar de GALFIT, mostramos que la versión multionda del mismo programa proporciona resultados más robustos, en particular en el régimen de baja señal a ruido. Adicionalmente, los resultados de la inspección visual de los objetos seleccionados (hasta magnitud $I = 24,5$) son consistentes con los parámetros estimados mediante GALFIT. Usando los mismos parámetros probamos varios métodos de segregación de galaxias tempranas y tardías; también investigamos la relación entre la masa estelar y el tamaño para ambos tipos de objetos. Además de lo anterior, confirmamos la evolución de la mediana de la masa estelar hasta $z = 2$.

Usando el catálogo morfológico descrito, seleccionamos una muestra de las galaxias tempranas en emisión (ET-ELG). La naturaleza y el origen de las líneas de emisión en estos objetos están siendo investigadas aún. Usando una muestra de 14 objetos de ET-ELG a un desplazamiento al rojo, comparamos la densidad de estos objetos con una muestra local análoga extraída del cartografiado SDSS. Encontramos que OTELO detecta una densidad considerablemente mayor de ET-ELG que en la muestra a bajo desplazamiento al rojo del SDSS. Estos resultados se mantienen, aún teniendo en cuenta la varianza cósmica – la fuente de incertidumbre más importante para un cartografiado con una cobertura angular discreta (~ 56 arcmin²) como OTELO.

Por último, investigamos la relación entre la masa estelar y la metalicidad de una muestra de objetos con emisión en H α a $z \sim 0,4$. En particular, y aprovechando la capacidad de OTELO de detectar objetos con flujo límite muy bajo, estudiamos una muestra de emisores de línea con muy baja masa ($\sim 10^7 M_{\odot}$). La gran mayoría de estos objetos están clasificados morfológicamente como galaxias de disco, con un índice de Sérsic bajo, lo esperado para las galaxias con formación estelar activa. No hemos encontrado evidencia alguna de evolución de la relación masa-metalicidad desde $z = 0,4$.

Tesis disponible en: <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1963899>

Acreción y diagnóstico del viento estelar en el sistema binario de rayos X de alta masa 4U1700-37 a través del análisis espectroscópico de alta resolución en rayos X

Autora: María Martínez-Chicharro
(maria.chicharro@ua.es)

Tesis doctoral dirigida por:

José Miguel Torrejón Vázquez

Centro: Universidad de Alicante

Fecha de lectura: 28 de mayo de 2021

Los sistemas binarios de rayos X con compañera supergigante han suscitado un renovado interés en los últimos años como herramienta para el estudio de vientos estelares en estrellas masivas. Estas estrellas poseen fotosferas tan calientes que constituyen la fuente principal de fotones UV de las galaxias. Sus potentes vientos y su final como supernova, inyectan una cantidad significativa de materia y energía mecánica en el medio interestelar que las convierten en auténticos motores cósmicos. En las binarias de rayos X de alta masa, un objeto compacto (estrella de neutrones o agujero negro) orbita profundamente embebido en el viento estelar de la estrella óptica,

acretando material. Esta acreción alimenta una potente fuente de rayos X que, a su vez, irradia el viento produciendo una serie de transiciones y líneas de emisión cuyo análisis aporta una valiosa información sobre las propiedades del viento, así como del propio flujo de materia acretante sobre el objeto compacto.

En esta tesis se utilizan las observaciones llevadas a cabo por nuestro equipo con el espectrógrafo de rendija de transmisión (HETG) a bordo del telescopio espacial de rayos X *Chandra*, de la NASA, del sistema binario de alta masa con donante supergigante 4U1700-37. Para la reducción de los espectros de alta resolución hemos utilizado el software *ciao* (v 4.4). El análisis espectral se ha realizado con el software *Interactive Spectral Interpretation System* (*isis*) v 1.6.1-24.

El primer objetivo es estudiar el proceso de acreción y la naturaleza del objeto compacto. El descenso radical de temperatura durante un estallido de rayos X es explicado mediante el enfriamiento Compton, lo que proporciona evidencias de la naturaleza del objeto compacto del sistema 4U1700-37 como una estrella de neutrones magnetizada.

El segundo objetivo es estudiar la estructura/física de las inhomogeneidades del viento estelar a través de la espectroscopía de alta resolución. Se encuentra que: a) el brillo de las líneas de emisión de las transiciones de la capa K, correspondientes a especies neutras, están directamente correlacionadas con la iluminación del continuo. Estas líneas no disminuyen significativamente durante el eclipse. Una posible explicación sería que estas líneas provinieran principalmente del viento estelar. b) Las líneas altamente ionizadas Fe xxv heliogenoide y Fe xxvi hidrogenoide Ly alfa disminuyen durante el eclipse, por lo que deberían producirse cerca del objeto compacto donde el parámetro de ionización es mayor que 3. c) Para describir las líneas de emisión del continuo se requiere la suma de dos modelos de plasma fotoionizado, uno con baja ionización (logaritmo del parámetro de ionización = -1) y otro con alta (logaritmo del parámetro de ionización = 2,4). De las medidas obtenidas para las líneas podemos estimar un cociente de densidades alrededor de 300 entre las zonas de mayor y menor densidad del viento. Para ajustar el complejo del Si xiii heliogenoide, el plasma requiere un ensanchamiento de las líneas debido a movimiento general del plasma. Para reproducir el flujo observado de las líneas r y f es necesario añadir una tercera componente de plasma ionizado colisionalmente. d) El ancho de las líneas no está resuelto, a excepción del silicio. No hay una clara distinción o separación radial entre las especies cuasineutras e ionizadas, lo que es consistente con las inhomogeneidades frías embebidas en el medio caliente y enrarecido que podrían estar constituyendo el viento.

Tesis disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/121004>