



## EVOLUCIÓN Y AGRUPAMIENTO A GRAN ESCALA DE UNA MUESTRA DE FUENTES EXTRAGALÁCTICAS EN RAYOS-X

Jacobo Ebrero Carrero

ecarrero@ifca.unican.es

Tesis doctoral dirigida por:

Francisco J. Carrera Troyano

Centro:

Instituto de Física de  
Cantabria (CSIC-UC)

Fecha de lectura:

11 de diciembre de 2008

Los Núcleos Galácticos Activos (AGN, en sus siglas en inglés) son las fuentes persistentes más brillantes conocidas en el Universo. Se trata de galaxias que se caracterizan por emitir cantidades ingentes de energía desde una pequeña región del núcleo, superando ésta en brillo en varios ordenes de magnitud a la emisión integrada del resto de la galaxia en que se aloja. El único fenómeno físico capaz de explicar las altísimas luminosidades y la rápida variabilidad observada en los AGN es

el acrecimiento gravitatorio de materia sobre un agujero negro supermasivo. Aunque los AGN emiten en todas las longitudes de onda, estos objetos se caracterizan especialmente por su intensa emisión en el rango de los rayos X. Gracias al gran poder de penetración en la materia de los fotones X, los AGN observados en este rango pueden ser observados a distancias cosmológicas sin verse apenas afectados por la absorción.

En esta tesis hemos estudiado las propiedades evolutivas y de agrupamiento a gran escala de una muestra de fuentes extragalácticas de rayos X a flujos medios (muestra AXIS), siendo los AGN la población dominante. En primer lugar calculamos la distribución en flujo (relaciones  $\log N - \log S$ ) de las fuentes detectadas en distintas bandas de energía, en combinación con otras muestras más y menos profundas

encontradas en la literatura para abarcar un mayor rango de flujos. Estas distribuciones dependen de las propiedades cosmológicas de las fuentes y pueden ser descritas por un modelo empírico. Las distribuciones en flujo se ajustaron a una doble ley de potencias, con un cambio de pendiente a flujos  $\sim 10^{-14}$  erg cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, mediante un método de máxima verosimilitud. Los parámetros así obtenidos se usaron para estimar la contribución de las fuentes a la emisión del fondo cósmico de rayos-X (FCX). De esta forma resolvimos hasta un 90% del FCX como la emisión integrada de fuentes puntuales. Extrapolando nuestra distribución en flujo a flujo cero no saturamos el FCX, comprobando que una población dominante de galaxias por debajo el flujo límite de nuestra muestra sería suficiente para reproducir el FCX usando únicamente fuentes puntuales. Además, observamos que la mayor contribución fraccional al FCX se produce a flujos en torno a  $\sim 1 \times 10^{-14}$  erg cm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (hasta un 50% del mismo), mostrando así la importancia de muestreos a flujos medios, como AXIS, para el estudio de la evolución





## TESIS DOCTORALES 2008-09

de la emisión X por debajo de 10 keV.

También exploramos la estructura cósmica subyacente en el Universo en rayos-X mediante la función de correlación angular entre pares de fuentes. Encontramos fuertes evidencias de agrupamiento angular a gran escala en rayos-X blandos (0.5-2 keV) con una significancia de 99.9%. Hemos comprobado que la señal de agrupamiento está extendida por todo el cielo, no limitándose a unos pocos campos. Esto implica que, si esta estructura tiene origen cosmológico, debe provenir de desplazamientos al rojo  $\leq 1.5$ , el pico de la distribución de desplazamientos al rojo de muestras a flujos medios. Por otra parte, las fuentes detectadas en rayos X duros (2-10 keV) ofrecen resultados consistentes con una distribución aleatoria. Hemos comprobado que esto puede ser debido a la baja densidad de fuentes por campo en esta banda, que puede diluir la señal de agrupamiento hasta hacerla indetectable aunque exista.

Haciendo uso de una submuestra limitada en flujo de

AXIS (muestra XMS), de la que disponemos de información espectral detallada y que se haya identificada en un 96%, hemos modelado su absorción intrínseca como función de la luminosidad y el desplazamiento al rojo. Encontramos que la fracción de AGN absorbidos disminuye al incrementarse la luminosidad, y aumenta con el desplazamiento al rojo en la banda 2-10 keV. Lo mismo sucede en rayos-X muy duros (4.5-7.5 keV), aunque la dependencia con el desplazamiento al rojo obtenida no es significativa, debido a la escasa estadística y a que la mayoría de fuentes detectadas en esta banda se encuentran a  $z \leq 1$ .

La evolución de los AGN no está bien descrita asumiendo que únicamente su luminosidad evoluciona con el tiempo. Hemos comprobado que el modelo que mejor se ajusta a las observaciones es aquel en el que existe evolución tanto en la luminosidad como en la densidad comóvil de objetos. Gracias al gran número de fuentes involucradas en nuestro análisis, hemos mejorado la precisión en la determinación de los parámetros de este

modelo con respecto a trabajos anteriores. Además, hemos estudiado por primera vez la función de luminosidad intrínseca (corrigiendo por la absorción) de las fuentes más duras (4.5-7.5 keV), encontrando que estas presentan una evolución significativamente más fuerte a desplazamientos al rojo bajos que el resto de AGN. El total de materia acreta en el Universo actual ( $z = 0$ ) predicha por nuestro modelo coincide con la estimación de la densidad de agujeros negros supermasivos en el Universo local hecha por otros autores empleando otros métodos como la función de masa local de agujeros negros.

En todas las bandas de energía estudiadas, los AGN más luminosos ( $\log L_X > 44$ ) se forman antes que los menos luminosos ( $\log L_X < 44$ ), alcanzando un máximo en la densidad de objetos a desplazamientos al rojo de  $\sim 1.5$ , mientras que los segundos lo hacen a desplazamientos al rojo menores ( $\sim 0.7$ ). Esto indica que los AGN más luminosos acretaban materia más eficientemente que los menos luminosos en las etapas tempranas





## TESIS DOCTORALES 2008-09

del Universo, encontrándose plenamente formados a desplazamientos al rojo de  $\sim 1.5-2$ . Este comportamiento confirma que la evolución de la función de luminosidad observada a lo largo del tiempo cósmico no está causada por variaciones en el entorno absorbente de rayos-X, sino por variaciones intrínsecas en la tasa de acreción de materia sobre el agujero negro supermasivo.

### ESTUDIO DE DISCOS GASEOSOS EN SISTEMAS BINARIOS

**Miguel de Val Borro**

mdeval@cfa.harvard.edu

Tesis doctoral dirigida por:

Dr. Pawel Artymowicz

Centro:

Stockholm University

Fecha de lectura:

15 de diciembre de 2008

Hasta el año 1995 las teorías de formación planetaria se basaban en nuestro conocimiento de los planetas del Sistema Solar. Ahora hay más de 300 planetas extrasolares observados a través de técnicas de velocidad radial y fotométricas, mostrando una gran variedad de masas, composiciones y parámetros orbitales. Comprender cómo estos planetas se forman y evolucionan en el seno de los discos protoplanetarios es un problema crucial. No obstante la interacción entre el planeta y el disco no se puede estudiar analíticamente y simulaciones numéricas son necesarias en este problema.

En la primera parte de esta tesis estudiamos la interacción gravitatoria entre un disco gaseoso y un planeta por medio de simulaciones hidrodinámicas. Los tests estándar para códigos hidrodinámicos son considerablemente diferentes de la situación de un disco protoplanetario interactuando con un planeta. Por tanto hemos realizado una comparación de códigos en el problema de un planeta masivo incrustado en un disco protoplanetario usando varios esquemas numéricos. La densidad superficial, vorticidad, perfiles promediados angularmente en función del tiempo y torques gravitatorios actuando sobre el planeta son comparados. Hay un buen acuerdo entre nuestros códigos para planetas de tamaño cercano a Neptuno y Júpiter y discos inviscidos y con viscosidad física. Los perfiles de densidad superficial coinciden en un 5% para los esquemas basados en malla, mientras que los códigos de partículas tienen menor resolución en las zonas de baja densidad y brazos espirales más débiles.

En el segundo artículo estudiamos inestabilidades

