

Título: ON THE VARIABLE NATURE OF LOW LUMINOSITY ACTIVE GALACTIC NUCLEI

Nombre: Hernández García, Lorena

Universidad: Universidad de Granada

Departamento: Física teórica y del cosmos

Fecha de lectura: 21/07/2015

Mención a doctor europeo: concedido

Programa de doctorado: Física y Matemáticas (FisyMat)

Dirección:

- > **Director:** JOSEFA MASEGOSA GALLEGO
- > **Director:** Omaira Gonzalez Martin
- > **Director:** ISABEL MÁRQUEZ PÉREZ

Tribunal:

- > **presidente:** MARÍA SANTOS LLEÓ
- > **secretario:** ISABEL PÉREZ MARTÍN
- > **vocal:** FRANCISCO JESUS CARRERA TROYANO
- > **vocal:** Giovanni Miniutti
- > **vocal:** Ascensión del Olmo Orozco

Descriptores:

- > GALAXIAS
- > RAYOS X
- > FUENTES DE RAYOS X
- > CUMULOS

El fichero de tesis ya ha sido incorporado al sistema

- > <http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/24931895.pdf>

Localización: FACULTAD DE CIENCIAS

Resumen: Los núcleos activos de galaxias (AGN, de sus siglas en inglés) emiten energías del orden de 10^{44} erg/s en regiones muy compactas, siendo uno de los fenómenos más energéticos de todo el Universo. Hoy en día, la teoría más aceptada es que este fenómeno es consecuencia de la acreción de materia sobre un agujero negro supermasivo.

Esta tesis está centrada en el estudio de la variabilidad del extremo de los AGN de más baja luminosidad (LLAGN), los LINERs (low ionization nuclear emission line regions) y las conocidas

galaxias Seyfert. A su vez se compara el comportamiento de ambas familias de AGN. Mientras que los núcleos Seyfert fueron descubiertos en 1943 y se caracterizan porque el núcleo produce líneas espectrales de emisión de gas altamente ionizado, hubo que esperar hasta 1980 para que Heckman descubriese los LINERs y los clasificase como una subcategoría de AGN, cuyos espectros ópticos presentan un estado de ionización más bajo que las Seyfert. El estudio de AGN en rayos X es ideal puesto que el núcleo es accesible en este rango de frecuencias y además el efecto de oscurecimiento es mucho menor comparado con el ultravioleta (UV), óptico o infrarrojo cercano. Es por ello que los datos presentados en esta tesis son principalmente en rayos-X, aunque complementados con información simultánea en frecuencias UV.

La variabilidad es una propiedad que caracteriza a los AGN de alta potencia, que muestran variaciones en todo el espectro electromagnético, y permite inferir sobre sus propiedades físicas. Si bien esto está establecido para las galaxias Seyfert, no es algo obvio en LINERs, para los que solamente se ha estudiado una pequeña muestra de objetos tipo 1 en rayos X o una muestra algo más grande en el UV. Además, al comenzar esta tesis no se conocía cuál es el mecanismo físico que origina las variaciones en este tipo de AGN, que es uno de los principales objetivos de esta tesis.

Para analizar la variabilidad en rayos X, se ha elaborado un método que permite estudiar variaciones a corta y larga escala. Las variaciones a larga escala se analizan ajustando todos los espectros de un mismo objeto con el mismo modelo. La variabilidad a corta escala se obtiene del análisis de las curvas de luz, que se analizan de manera estándar. Esto nos permite estimar tanto las variaciones en flujo como las variaciones espectrales, lo que sirve para conocer el patrón de variabilidad y permite a su vez inferir propiedades físicas de estos objetos. Para este estudio se han utilizado datos públicos de los satélites de rayos-X Chandra y XMM-Newton en diferentes épocas. Además, con XMM-Newton se puede obtener de forma simultánea información sobre variabilidad en rayos X y UV. La metodología se explica en detalle en el Capítulo 2 (ver también Hernández-García et al. 2013).

Primero se aplicó la metodología a una muestra de 18 núcleos LINERs, incluyendo tipos 1 (en realidad son todos tipo 1.9) y 2 (Capítulo 2). Se clasificaron los núcleos como AGN (no-AGN) cuando mostraban una fuente puntual (o no) en la banda de energía 4.5-8.0 keV, siguiendo el trabajo de González-Martín et al. (2009). De entre toda la muestra, tres LINERs fueron clasificados como no-AGN, todos ellos siendo candidatos a Compton-thick (esto es, que están oscurecidos por columnas de densidad muy altas, mayores de 10^{24} cm⁻²), ninguno muestra variaciones en rayos-X y dos de ellos varían en el UV. Ninguno de los núcleos muestra variaciones a corta escala (entre horas y días), mientras que más de la mitad de los clasificados como AGN varían en escalas temporales largas (entre meses y años). Estas variaciones son principalmente debidas a cambios intrínsecos de las fuentes, mientras que solamente una galaxia muestra variaciones en la columna de densidad - lo que estaría directamente relacionado con cambios en la densidad del toro de polvo o la región de líneas anchas (BLR, de sus siglas en inglés). El estudio en UV muestra que este tipo de galaxias son variables a

frecuencias UV. Así, se encuentra que los LINERs son objetos variables en rayos-X y UV. Además, de acuerdo a las masas de sus agujeros negros, tasas de acreción, y escalas temporales de variabilidad, encontramos que los LINERs siguen el mismo plano de variabilidad (MBH-Lbol-TB) que otros AGN más luminosos en rayos X. También hemos estudiado el mecanismo de acreción a partir de la relación entre el índice de la ley de potencias y el cociente de Eddington, donde se aprecia una anticorrelación, indicando que la acreción podría ser ineficiente (comparada con la acreción eficiente que se encuentra para objetos más luminosos). Los resultados derivados de este estudio han sido publicados en Hernández-García et al. (2014).

La misma metodología se aplicó a una muestra de 26 galaxias Seyfert tipo 2 (Capítulo 3). Ninguno de los núcleos muestra variaciones a corta escala. En este caso se realizó un estudio adicional para seleccionar candidatos a Compton-thick, pues, dado que estas galaxias se observan a través del toro de polvo, se espera que una fracción significativa de ellas esté altamente oscurecida. Encontramos que 12 de las galaxias son candidatas a Compton-thick. De entre las que son candidatas a Compton-thick, solamente una de ellas muestra variaciones a larga escala; la explicación más razonable es que parte del continuo es aún transmitido y por ello vemos variaciones. Entre los demás núcleos encontramos que la mayoría son variables en escalas entre meses y años, siendo el patrón de variabilidad muy similar al encontrado para los LINERs: cambios intrínsecos de la fuente de energía. Variaciones debidas a la columna de densidad se encuentran sólo en cuatro fuentes (30%). Finalmente, a diferencia de lo encontrado en LINERs, ninguna de las galaxias muestra variaciones en frecuencias UV. Los resultados de este estudio han sido publicados en Hernández-García et al. (2015).

Por tanto, el estudio de variabilidad en rayos-X en LLAGN muestra que ambas familias de AGN son variables en escalas temporales que van entre meses y años, amplitudes entre 20 y 80 % y un patrón de variabilidad común en todos ellos. En UV, al contrario, el estudio de variabilidad muestra que mientras que los LINERs son variables, las Seyfert 2 no muestran ningún cambio a estas frecuencias, detectándose la fuente UV en sólo tres galaxias. El hecho de que el núcleo varíe en este rango podría deberse a que el toro de polvo ha desaparecido en los LINERs, dejando el núcleo al descubierto, dando lugar a las variaciones observadas. El trabajo realizado en esta tesis pone de manifiesto que los LINERs y las Seyferts tipo 2 se comportan espectralmente de forma similar en el rango de frecuencias de los rayos-X. No obstante, los datos de tasas de Eddington analizados son consistentes con un mecanismo de acreción diferente, siendo eficiente para los Seyfert e ineficiente para los LINERs. Este estudio se presenta en el Capítulo 4.

La tesis se complementa con dos capítulos relacionados con la actividad nuclear y la emisión en rayos-X de objetos extragalácticos (Capítulos 5 y 6). El primero es un estudio sobre AGN en grupos y cúmulos de galaxias usando datos de XMM-Newton y Chandra, que incluye la determinación del número de AGN en cada cúmulo. Encontramos entre uno y cinco AGN por cúmulo. El segundo es un estudio de la variabilidad en objetos ultraluminosos en rayos-X (ULXs) usando datos de XMM-Newton y aplicando técnicas de Fourier. Estimamos la

variabilidad no-lineal de las ULX, que ocurre en la misma forma que otros agujeros negros con diferentes masas, y el retardo temporal que las variaciones generan entre dos bandas de energía diferentes.

Bibliografía

González-Martín et al. 2009, A&A, 506, 1107

Hernández García et al. 2013, A&A, 569, A26

Hernández-García et al. 2014, A&A, 556, A47

Hernández-García et al. 2015, accepted in A&A, arXiv:1505.01166