

PRESENTACIÓN MURAL

Galaxias espirales de núcleos activos: efecto de las barras en la actividad nuclear

Sol Alonso^{1,2,3} & Georgina Coldwell^{1,2,3}

(1) *CONICET*

(2) *Instituto de Ciencias Astronómicas de la tierra y el espacio, ICATE*

(3) *Universidad Nacional de San Juan, UNSJ*

Abstract. In this work we analyze barred active galactic nuclei galaxies (AGN), in order to study the effect produced by the bars on the central black hole activity. We construct a sample of AGN galaxies with bars, classified by visual inspection, from the seventh release of Sloan Digital Sky Survey (SDSS-DR7). In addition, we construct a non-barred AGN galaxy sample with similar redshift distributions, luminosity and mass in stars than barred AGN galaxies. We present preliminary results of the effect of bars on the central nuclear activity, exploring different properties of barred spiral AGN galaxies, compared to its counterpart in non-barred galaxies.

Resumen. En este trabajo se analizan galaxias espirales barreadas con núcleos activos (AGN), con el propósito de realizar estudios estadísticos acerca del efecto que pudiesen producir las barras sobre la actividad de los agujeros negros centrales. Para tal fin, construimos una muestra de galaxias AGN con barras, clasificadas por medio de inspección visual, a partir del séptimo relevamiento de Sloan Digital Sky Survey (SDSS-DR7). Además, se obtuvo una muestra de galaxias espirales AGN no-barreadas, con similares distribuciones de corrimiento al rojo, luminosidad y masa en estrellas que las galaxias AGN barreadas. Se presentan resultados preliminares del efecto de las barras sobre la actividad nuclear central, explorando diferentes propiedades de las galaxias espirales barreadas huéspedes de AGN, en comparación con su contraparte de galaxias no-barreadas.

1. Introducción

Se han propuesto diversas teorías para explicar el mecanismo de alimentación de agujeros negros que producen el fenómeno de AGN. Algunas de ellas son las interacciones entre galaxias, perturbaciones por efectos de marea, procesos dinámicos de gas que implican la presencia de múltiples agujeros negros e inestabilidades gravitacionales en el disco de galaxias barreadas. Estos procesos podrían explicar la transferencia de gas hacia las regiones centrales de las galaxias.

La presencia de barras parece ser un importante factor en la evolución de las galaxias. Aunque existen evidencias observacionales de que las barras causan

concentraciones centrales de gas, comparado a galaxias no barreadas, no es claro aún si las barras en gran escala son eficientes para transportar material hacia las regiones más cercanas de los agujeros negros (Knapen 2005).

Los estudios realizados sugieren que las nubes de gas, dentro de las galaxias, sufren choques por la interacción con los bordes de las barras produciendo pérdidas de momento angular y permitiendo un flujo de gas hacia las regiones más internas de las galaxias (Sholsman et al. 1990). Por otro lado, la presencia de barras parece estar relacionada con la formación de bulbos, lo cual también está directamente relacionado con la probabilidad de ocurrencia de AGN (Wyse 2004).

2. Selección de la Muestra

Para la selección de la muestra, se utilizaron datos espectroscópicos del séptimo relevamiento del catálogo Sloan Digital Sky Survey (SDSS-DR7). SDSS-DR7 es uno de los mayores catálogos de galaxias, aproximadamente 1 millón de galaxias con espectros medidos en un intervalo de corrimiento al rojo entre $0 < z < 0.25$, completo en magnitud hasta $r = 17.7$. Una gran variedad de parámetros han sido medidos para estas galaxias: magnitudes en 5 filtros, estimación de masa estelar, tasa de formación estelar, flujos de líneas de emisión, luminosidad de la línea del oxígeno III, etc.

Las AGN tipo II fueron seleccionadas utilizando el diagrama de diagnóstico BPT (Baldwin, Philips & Terlevich, 1981), basado en cocientes de líneas de emisión estándares para discriminar AGN de galaxias con regiones HII de la muestra principal. El criterio de separación entre AGN y galaxias HII fue propuesto por Kauffmann et al. (2003), esto es:

$\log([OIII]/H\beta) > 0,61/\log([NII]/H\alpha) - 0,05 + 1,3$, el cual fue aplicado a galaxias con $S/N > 2$ en todas las líneas que intervienen en este diagrama. Utilizando este criterio, la muestra de AGN tiene un total de 186767 objetos.

Correlacionamos las AGN de SDSS-DR7 con las galaxias espirales del catálogo Galaxy Zoo (Lintott et al. 2010) y obtuvimos una muestra de 61339 AGN espirales. Restringimos la muestra en corrimiento al rojo $z < 0.1$, magnitud en el filtro g $m_g < 16$ e inclinación respecto de la línea de la visual $b/a > 0.4$, obteniendo 4011 AGN espirales brillantes vistas de frente. A partir de inspección visual de las imágenes ópticas de SDSS, clasificamos la muestra de AGN espirales brillantes en 3 categorías de galaxias barreadas según la intensidad de la barra. Finalmente, obtuvimos una muestra de 1153 galaxias AGN espirales barreadas. Con el objetivo de analizar en detalle el rol de las barras sobre la actividad nuclear, obtuvimos una muestra de galaxias AGN espirales no barreadas con $b/a > 0.4$ y con similares distribuciones de z , M_r y masa estelar, $\log(M^*)$.

3. Propiedades de las galaxias AGN barreadas

En esta sección analizamos propiedades de las galaxias AGN barreadas, en comparación con las de AGN no-barreadas de la muestra control.

La Fig.1 (izquierda) muestra la distribución de los colores de las AGN barreadas y AGN no-barreadas, observando que las galaxias AGN barreadas son

más rojas que su contraparte no-barrada. La Fig.1 (derecha) indica que, a una dada masa estelar, las galaxias AGN barradas son más rojas. Oh et al. (2012) encuentran similares resultados, mostrando que las barras producen un enrojecimiento de las galaxias, no sólo en las AGN.

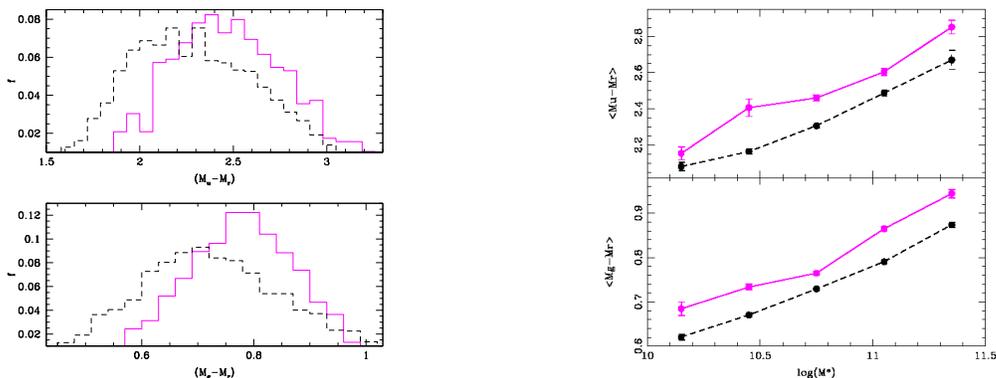


Figura 1. *Izquierda:* Distribución de colores ($M_u - M_r$, panel superior y $M_g - M_r$, panel inferior) de las AGN barradas (líneas magenta) y de las AGN no-barradas de la muestra control (líneas negras).

Derecha: ($M_u - M_r$) y ($M_g - M_r$) (paneles superior e inferior, respectivamente) en función de la masa estelar, $\log(M^*)$, para las AGN barradas (líneas magenta) y AGN sin barras de la muestra control (líneas negras).

4. Actividad Nuclear

Como trazador de la actividad nuclear utilizamos la luminosidad de la línea del oxígeno III ($Lum[OIII]$) (Kauffmann et al. 2003). En la Fig. 2 (izquierda) se observa que a una misma masa en estrellas, las AGN barradas tienen mayor actividad nuclear respecto a galaxias AGN de la muestra control.

Por otro lado, la gran población de AGN tipo II puede dividirse en diferentes submuestras según su posición en los diagramas de diagnóstico. Utilizando los 3 diagramas BPT y los criterios establecidos por Kewley (2006), la muestra puede clasificarse en *seifert*, *liners*, *compuestas* y *ambiguas*. Las AGN *compuestas* se encuentran entre las curvas azul y roja del diagrama de la Fig. 2 (derecha, a), son AGN que están en transición entre las regiones de HII y AGN puras, y además presentan formación estelar activa. *Seifert* y *liner* se ubican sobre las curvas rojas en los 3 diagramas BPT. Las *seifert* se ubican arriba de las líneas rectas verdes de las Fig. 2 (derecha, b y c) y las *liner* debajo de estas rectas. Las *ambiguas* se refieren a las que tienen múltiples clasificaciones en los diferentes BPT.

Las AGN barradas tienen un notable menor porcentaje de *compuestas*, respecto a las AGN sin barras (41.5% vs 56.2%, respectivamente), lo cual es consistente con el exceso de galaxias azules en la muestra control. Este resultado puede indicar que las AGN barradas tienen menor actividad de formación estelar, dando lugar a un aumento de la actividad nuclear, respecto a AGN no-barradas.

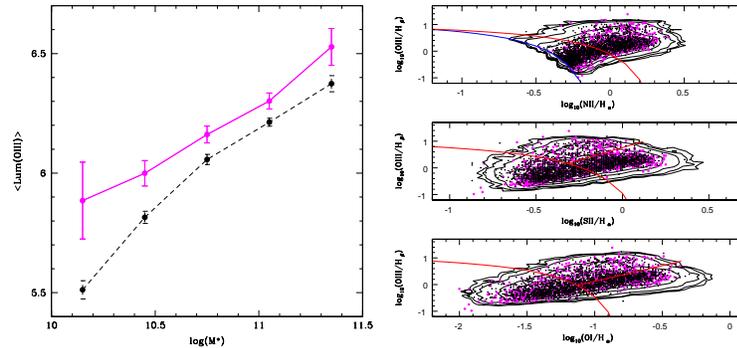


Figura 2. *Izquierda:* $\text{Lum}[\text{OIII}]$ en función de la masa estelar, $\log(M^*)$, para las AGN con y sin barras (líneas magenta y negras, respectivamente). *Derecha:* Diagramas BPT para las AGN barreadas (puntos magenta) y AGN sin barras de la muestra control (puntos negros). Los contornos representan todas la AGN de SDSS-DR7.

5. Resultados preliminares

Se analizaron las propiedades de una muestra de 1153 galaxias AGN espirales barreadas con $z < 0.1$ y $m_g < 16$. Además, se tiene una muestra control de galaxias AGN espirales no barreadas, con el propósito de analizar el rol de las barras sobre la actividad nuclear. Las conclusiones preliminares son las siguientes:

- Las galaxias AGN barreadas muestran colores más rojos que las AGN sin barras. A igual masa en estrellas, la tendencia se mantiene, encontrando que las AGN barreadas están más enrojecidas que su contraparte de AGN no-barreadas.
- Se encontró que las galaxias AGN barreadas tienen mayor actividad nuclear que las AGN sin barras de la muestra control. Esta tendencia se observa en todos los rangos de masa estelar.
- La clasificación de las AGN, utilizando diagramas de diagnóstico BPT, refleja los resultados anteriores al encontrarse un porcentaje mayor de AGN *compuestas* para la muestra control de AGN no-barrada.

Aunque los mecanismos a través del cual las barras en gran escala transfieren material al interior de los agujeros negros supermasivos aún no están del todo claros, estos resultados sugieren que la presencia de barras en galaxias con núcleos activos incrementa la potencia de la actividad nuclear.

Referencias

- Baldwin, J.A; Phillips, M.M Terlevich, R., 1981, PASP, 93, 5.
 Kauffmann, G. et. al., 2003, MNRAS, 346, 1055.
 Kewley, L. J. et al., 2006, MNRAS, 372, 961.
 Knapen, J. H., 2005, AA, 429, 141.
 Lintott, C. et al., 2011, MNRAS, 410, 166.
 Oh, S.; Oh, K.; Yi, S., 2012, ApJSS, 198, 4.
 Shlosman, I.; Begelman, M. Frank, J., 1990, Nature, 345, 679.
 Wyse, R.F.G, 2004, ApJ, 612, 17.